

JAQUELINE AKEMI SUZUKI SEDIYAMA

**ESTIMATIVA DA LUCRATIVIDADE NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE LEITE
POR MEIO DA REGRESSÃO COM DADOS EM PAINEL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Estatística Aplicada e Biometria, para obtenção do título *de Doctor Scientiae*.

Orientador: José Ivo Ribeiro Júnior

Coorientadoras: Adriana Ferreira de Faria
Jeruza Haber Alves dos Santos

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S448e
2024 Sedyama, Jaqueline Akemi Suzuki, 1986-
Estimativa da lucratividade no processo de produção de
leite por meio da regressão com dados em painel / Jaqueline
Akemi Suzuki Sedyama. – Viçosa, MG, 2024.
1 tese eletrônica (85 f.): il. (algumas color.).

Orientador: José Ivo Ribeiro Júnior.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Estatística, 2024.

Referências bibliográficas: f. 78-85.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2024.493>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Análise de regressão. 2. Leite - Produção - Aspectos
econômicos. 3. Leite - Minas Gerais - Estatísticas. I. Ribeiro
Júnior, José Ivo, 1966-. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Estatística. Programa de Pós-Graduação em
Estatística Aplicada e Biometria. III. Título.

CDD 22. ed. 519.536

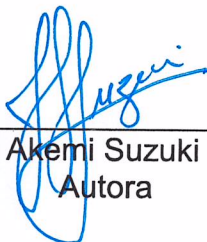
JAQUELINE AKEMI SUZUKI SEDIYAMA

**ESTIMATIVA DA LUCRATIVIDADE NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE LEITE
POR MEIO DA REGRESSÃO COM DADOS EM PAINEL**

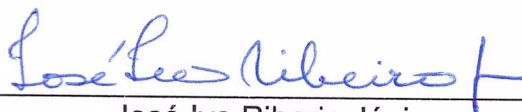
Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Estatística Aplicada e Biometria, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 31 de julho de 2024.

Assentimento:



Jaqueline Akemi Suzuki Sedyama
Autora



José Ivo Riberio Júnior
Orientador

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação no Programa de Pós-Graduação em Estatística Aplicada e Biometria.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

SEDIYAMA, Jaqueline Akemi Suzuki, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2024. **Estimativa da lucratividade no processo de produção de leite por meio da regressão de dados em painel.** Orientador: José Ivo Ribeiro Júnior. Coorientadores: Adriana Ferreira de Faria e Jeruza Haber Alves dos Santos.

Um importante desafio do produtor de leite no Brasil é a pequena margem de lucro, já que os produtores não conseguem definir o preço de venda do leite e estão sujeitos a custos de produção cada vez maiores. Desta forma, esta tese teve como objeto de interesse a lucratividade, por meio do retorno sobre ativos. O objetivo foi determinar um modelo de regressão com dados em painel mais adequado para estimar a lucratividade, avaliada em diferentes anos, para diferentes fazendas produtoras de leite do estado de Minas Gerais. Foram estimados modelos de regressão com dados em painel sem estratificação e estratificados por tamanho da fazenda e por mesorregião. O modelo de regressão com dados em painel que melhor se ajustou aos dados, com e sem estratificação, foi o modelo de efeitos fixos. Foi possível observar que, as duas estratificações não aumentaram, consideravelmente, o grau de explicação do modelo ajustado. Além disso, não houve homogeneidade das variâncias residuais. Estes resultados ratificam a heterogeneidade dos produtores de leite e que o modelo sem estratificação pode ser adequado às fazendas produtoras de leite, independentemente do tamanho e da mesorregião. De acordo com o ajuste do modelo de regressão com dados em painel de efeitos fixos, para que um produtor melhore a sua lucratividade, às vezes, será necessária uma mudança estrutural, uma vez que apenas a melhoria de algumas variáveis não será suficiente para que a sua fazenda se torne lucrativa.

Palavras-chave: Dados longitudinais; Pecuária de leite; Retorno sobre ativos.

ABSTRACT

SEDIYAMA, Jaqueline Akemi Suzuki, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2024. **Estimation of profitability in the milk production process using panel data regression.** Adviser: José Ivo Ribeiro Júnior. Co-advisers: Adriana Ferreira de Faria and Jeruza Haber Alves dos Santos.

A major challenge for dairy farmers in Brazil is the small profit margin, since producers are unable to set the selling price for milk and are subject to increasingly higher production costs. Thus, this thesis focused on profitability, through return on assets. The objective was to determine a regression model with panel data that is most appropriate for estimating profitability, assessed in different years, for different dairy farms in the state of Minas Gerais. Regression models were estimated with panel data without stratification and stratified by farm size and by mesoregion. The regression model with panel data that best adjusted the data, with and without stratification, was the fixed effects model. It was possible to observe that, despite the two stratifications, they did not considerably increase the degree of explanation of the adjusted model. In addition, there was no homogeneity of the residual variances. These results confirm the heterogeneity of milk producers and that the model without stratification can be suitable for milk producing farms, regardless of size and mesoregion. According to the adjustment of the regression model with fixed effects panel data, for a producer to improve his profitability, sometimes a structural change will be necessary, since only improving some variables will not be enough for his farm to become profitable.

Keywords: Longitudinal data; Dairy farming; Return on assets.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 3.1 – Produção de leite (a) no mundo e (b) no Brasil.	16
Figura 3.2 – Preço do leite pago ao produtor (R\$/L).	17
Figura 3.3 - Produção de leite em Minas Gerais.	18
Figura 3.4 – Mesorregiões do estado de Minas Gerais.	19
Figura 5.1 – ROA das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.	39
Figura 5.2 – Renda bruta (mil R\$) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.	40
Figura 5.3 – Custo operacional efetivo (mil R\$) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.	41
Figura 5.4 – Margem bruta (mil R\$) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.	42
Figura 5.5 – Estoque de capital (mil R\$) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.	43
Figura 5.6 – Preço do leite (R\$/L) para ao produtor das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.	44
Figura 5.7 – Custo operacional efetivo por litro (R\$/L) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.	45
Figura 5.8 – Produção de leite por vaca (mil L/vaca) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.	46
Figura 5.9 – Porcentagem das vacas em lactação por total de vacas das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.	47
Figura 5.10 – Área por vaca (ha/vaca) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.	48
Figura 5.11 – Área arrendada por vaca (ha/vaca) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.	48
Figura 5.12 – Gasto com concentrado por vaca (mil R\$/vaca) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.	49
Figura 5.13 – Gasto com volumoso por vaca (mil R\$/vaca) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.	50
Figura 5.14 – Gasto com mão de obra contratada por vaca (mil R\$/vaca) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.	51
Figura 5.15 – Gasto com mão de obra familiar por vaca (mil R\$/vaca) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.	52
Figura 5.16 – ROA estratificado por tamanho.	53
Figura 5.17 – Preço (a) e custo operacional efetivo por litro (b) estratificado por tamanho.	54
Figura 5.18 - Produção de leite por vaca (a) e número de vacas em lactação por total de vacas (b) estratificado por tamanho.	54
Figura 5.19 - Área por vaca (a) e área arrendada por vaca (b) estratificado por tamanho.	55
Figura 5.20 - Gasto com concentrado por vaca (a) e gasto com volumoso por vaca (b) estratificado por tamanho.	56
Figura 5.21 - Gasto com mão de obra contratada por vaca (a) e gasto com mão de obra familiar por vaca (b) estratificado por tamanho.	56
Figura 5.22 – ROA estratificado por mesorregião.	57
Figura 5.23 - Preço por litro de leite (a) e custo operacional efetivo por litro de leite (b) estratificado por mesorregião.	58
Figura 5.24 - Produção por vaca (a) e número de vacas em lactação por total de vacas (b) estratificado por mesorregião.	59

Figura 5.25 – Área por vaca (a) e área arrendada por vaca (b) estratificado por mesorregião.	59
Figura 5.26 - Gasto com concentrado por vaca (a) e gasto com volumoso por vaca estratificado por mesorregião.	60
Figura 5.27 - Gasto com mão de obra contratada por vaca (a) e gasto com mão de obra familiar por vaca (b) estratificado por mesorregião.	61
Figura 5.28 – ROA da Fazenda A e da Fazenda B nos anos de 2014 a 2020.....	69
Figura 5.29 – Preço por litro (a) e custo operacional por litro (b) da Fazenda A e da Fazenda B nos anos de 2014 a 2020.....	70
Figura 5.30 – Produção de leite por vaca (a) e número de vacas em lactação por total de vacas (b) da Fazenda A e da Fazenda B nos anos de 2014 a 2020.	70
Figura 5.31 – Área por vaca (a) e área arrendada por vaca (b) da Fazenda A e da Fazenda B nos anos de 2014 a 2020.....	71
Figura 5.32 – Gasto com concentrado por vaca (a) e gasto com volumoso por vaca (b) da Fazenda A e da Fazenda B nos anos de 2014 a 2020.	71
Figura 5.33 – Gasto com mão de obra contratada por vaca (a) e gasto com mão de obra familiar por vaca (b) da Fazenda A e da Fazenda B nos anos de 2014 a 2020.	72
Figura 5.34 – Estimativas do ROA para a Fazenda A.....	74
Figura 5.35 – Estimativas do ROA para a Fazenda B.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Produção de leite em Minas Gerais por mesorregião.....	19
Tabela 4.1 - Número de produtores Educampo Leite por ano	31
Tabela 4.2 – Indicadores fornecidos pelo Educampo Leite.....	32
Tabela 4.3 - Variáveis explicativas	33
Tabela 4.4 – Número de produtores estratificado por tamanho por ano	35
Tabela 4.5 – Número de produtores estratificado por mesorregião por ano	35
Tabela 4.6 – Número de agroindústrias, fazendas e cidades por mesorregião	36
Tabela 5.1 – Estimativa dos coeficientes e dos erros padrão do modelo de regressão com dados em painel de efeitos fixos e respectivas importâncias relativas.....	62
Tabela 5.2 – Estimativas dos coeficientes e dos erros-padrão dos modelos de regressão com dados em painel de efeitos fixos e importâncias relativas para as pequenas, médias e grandes propriedades	64
Tabela 5.3 – Descrição dos modelos de regressão de dados em painel por mesorregião	67
Tabela 5.4 – Estimativa dos coeficientes e dos erros-padrão dos modelos de regressão de dados em painel e importâncias relativas para diferentes regiões de MG	67
Tabela 5.5 – Situações para estimativa do ROA da Fazenda A.....	73
Tabela 5.6 - Situações para estimativa do ROA da Fazenda B	74

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AREAA	Rvaca	Área arrendada por vaca.
AREAV	vaca	Área usada para a pecuária por vaca.
COE		Custo Operacional Efetivo.
COEI		Custo Operacional Efetivo por litro de leite.
CONC	vaca	Gasto com concentrado por vaca.
FAO		Food and Agriculture Organization.
IBGE		Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
IGP-DI		Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna.
LAC	vaca	Vacas em lactação por vaca.
MDOF	vaca	Gasto com mão de obra familiar por vaca.
MDO	vaca	Gasto com mão de obra por vaca.
OEM		Oeste de Minas.
PRI		Preço por litro de leite.
PROD	vaca	Produção de leite por vaca.
ROA		Retorno sobre ativo.
SEBRAE		Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.
SILEMG		Sindicato da Indústria de Laticínios do Estado Minas Gerais.
SUL		Sul/Sudoeste de Minas.
TRI		Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba.
VBP		Valor Bruto da Produção.
VOL	vaca	Gasto com volumoso por vaca.
VRD		Vale do Rio Doce.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
2.	OBJETIVOS.....	15
2.1.	Geral	15
2.2.	Específicos.....	15
3.	REVISÃO DE LITERATURA.....	16
3.1.	Pecuária de leite	16
3.1.1.	Sistemas de produção.....	20
3.1.2.	Lucratividade.....	22
3.2.	Dados em painel	23
3.2.1.	Correlação serial.....	24
3.2.2.	Heterocedasticidade	25
3.3.	Modelos de regressão com dados em painel.....	26
3.3.1.	Dados empilhados	27
3.3.2.	Efeitos fixos	28
3.3.3.	Efeitos aleatórios	29
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
4.1.	Base de dados	31
4.2.	Definição das variáveis resposta e explicativas	32
4.3.	Estratificação dos dados	33
4.3.1.	Por tamanho.....	33
4.3.2.	Por mesorregião.....	35
4.4.	Análise descritiva	36
4.5.	Regressão com dados em painel.....	36
4.5.1.	Aplicação do modelo de regressão com dados em painel	38
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1.	Análise descritiva	39
5.1.1.	Geral	39
5.1.2.	Estratificação por tamanho.....	52
5.1.3.	Estratificação por mesorregião.....	57
5.2.	Regressão com dados em painel.....	61
5.2.1.	Geral	61
5.2.2.	Estratificação por tamanho.....	63
5.2.3.	Estratificação por mesorregião.....	66

5.2.4. Aplicação do modelo	69
6. CONCLUSÕES.....	76
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

1. INTRODUÇÃO

O Brasil foi, em 2022, o sexto maior produtor mundial de leite com 3,8% da produção, o que representou 35 bilhões de litros de leite, com cerca de 15,7 milhões de vacas ordenhadas (IBGE, 2022; FAO, 2023). De acordo com o último Censo Agropecuário de 2017, o Brasil contou com cerca de 1,18 milhão de propriedades produtoras de leite (IBGE, 2017). Minas Gerais foi o maior produtor de leite do Brasil, produzindo, em 2022, cerca de 9,3 bilhões de litros de leite, com cerca de 3,1 milhões de vacas ordenhadas (IBGE, 2022). Minas Gerais contou com cerca de 216 mil propriedades produtoras de leite em 2017 (IBGE, 2017).

De acordo com Martins (2022), todos os países tradicionais na produção de leite tiveram redução do número de produtores. Por exemplo, os EUA, em 1970, contavam 650 mil produtores e em 2020 somavam 32 mil. No Brasil, há carência de estatísticas oficiais. Mas, entre os 14 maiores laticínios, o número médio de produtores de leite caiu de 6.000 em 2005 para 2.400 em 2020, sendo que neste período, a média de produção diária neste grupo cresceu de 200 para 600 litros.

A tendência mundial é de crescimento no tamanho das fazendas e dos rebanhos, reduzindo o número de propriedades produtoras de leite. Paralelamente, em quase todas as regiões do mundo, espera-se que o aumento da produção seja mais impulsionado pelo aumento da produtividade, do que pelo crescimento do rebanho, por meio da otimização dos sistemas de produção, da melhoria da genética dos animais, da saúde, do conforto animal e da eficiência alimentar do rebanho (PEROBELLI et al., 2018; LEITE; STOCK, 2023).

Devido à competitividade do setor leiteiro não há espaço para propriedades com baixa produtividade, altos custos, pouca tecnologia e que se apresentem ineficientes economicamente (FERREIRA, 2002; RENTERO, 2023). Os principais fatores limitantes para os produtores de leite estão relacionados à infraestrutura da propriedade que necessita de mecanização na atividade, à mão de obra e sucessão geracional, pois existe a falta de mão de obra e de descendentes interessados na atividade, e à comercialização devido à instabilidade dos preços que proporcionam uma baixa margem de lucro (SCHU et al., 2022).

As propriedades produtoras de leite do Brasil estão distribuídas em todo o território nacional e possuem sistemas de produção muito heterogêneos, com

diferentes níveis tecnológicos (FERREIRA, 2002). Assim, como existem produtores especializados que investem em tecnologia e usufruem das economias de escala e aumento da produtividade, existem também inúmeros pequenos produtores que utilizam da mão de obra familiar e dependem exclusivamente desta atividade como fonte de renda (CARVALHO et al., 2007).

De acordo com um levantamento da MilkPoint, em 2022, as 100 maiores propriedades produtoras de leite do Brasil produziram 3% da produção nacional de leite. Entre 2001 e 2021, estas propriedades apresentaram um aumento de 308% na produção de leite, enquanto no Brasil, o crescimento foi de 71%. Nestas propriedades, 83% utilizam o sistema intensivo de produção de leite, 10% o semiextensivo e 7% o extensivo (MILKPOINT, 2023).

No sistema intensivo de produção de leite, as vacas são mantidas em confinamento. A produtividade é maior, mas necessita de altos investimentos e apresentam custos maiores. Já no sistema extensivo, as vacas são criadas a pasto. Neste caso, a produtividade é mais baixa, mas os investimentos e custos também são menores. No sistema semiextensivo, as vacas são criadas a pasto e em confinamento, dependendo das condições do clima e do pasto.

Para aumentar a produção de leite, na maioria das vezes, o produtor demanda por investimentos, que têm o potencial de aumentar de forma impactante a escala produtiva da fazenda, aumentando concomitantemente a receita e os custos. Porém, os riscos associados ao negócio também são maiores (SCHU et al., 2022). Desta forma, reduzir os custos em um sistema de produção, de forma eficiente, deve ser a meta principal do produtor, visando como objetivo final a maximização do lucro absoluto (FERREIRA, 2012).

Enquanto a margem de lucro mede o resultado absoluto da diferença entre a receita e o custo, a lucratividade é uma medida de porcentagem da margem de lucro, que analisa a capacidade de se gerar lucro considerando os recursos empregados. Sabe-se que quanto maior a margem de lucro, melhor. Já é esperado que fazendas com estruturas maiores para produção de leite (terra, animais, mecanização, etc.), tenham produções maiores e, portanto, margens de lucros maiores. Nesse contexto, dada a heterogeneidade das fazendas produtoras de leite, a lucratividade é uma importante medida para analisar a eficiência operacional das fazendas produtoras de leite. Pois, além de considerar a margem de lucro, considera também os recursos e os investimentos que foram empregados na fazenda.

A fim de comparar a eficiência de diferentes fazendas produtoras de leite, com diferentes perfis, faz mais sentido utilizar, como variável de interesse, a lucratividade. Atzori et al. (2013) analisaram a lucratividade por meio da renda sobre o custo de alimentação, utilizando como método a análise de componentes principais. Hanrahan et al. (2018) analisaram a lucratividade por meio dos lucros bruto e líquido, utilizando o modelo de regressão múltipla. Schorr e Lips (2018) utilizaram a renda anual por unidade de trabalho familiar para analisar a lucratividade, por meio do método de regressão quantílica para dados em painel. Gargiulo et al. (2022) utilizaram o retorno sobre ativo (ROA) para analisar a lucratividade, com o auxílio dos modelos lineares mistos. Como se pode observar, é possível utilizar diferentes métodos estatísticos para se analisar a lucratividade.

A lucratividade, medida pelo retorno sobre ativos (ROA), que é a relação da margem de lucro sobre os ativos, foi a variável de interesse neste estudo. Espera-se que quanto maior a fazenda produtora de leite, com mais ativos, ou seja, mais infraestrutura, disponibilidade de terra e animais, maior deve ser a sua margem de lucro. Desta forma, o ROA compara os diferentes tamanhos de fazendas, já que mede o lucro ou prejuízo para cada unidade monetária de ativos.

Devido aos diversos desafios em relação à cadeia produtiva do leite, o programa Educampo, criado e gerenciado pelo Sebrae-MG, que tem como objetivo principal oferecer assistência técnica e gerencial aos produtores rurais. O Educampo disponibilizou um banco de dados com fazendas produtoras de leite localizadas em Minas Gerais, no período de 2012 a 2020. Sabe-se que Minas Gerais é dividido em doze mesorregiões, e que conforme Perobelli et al. (2018), os fatores edafoclimáticos, tais como precipitação, clima e qualidade do solo podem interferir na produção de leite. Dado este contexto, buscou-se analisar e comparar a lucratividade, medida pelo ROA das fazendas produtoras de leite de Minas Gerais considerando também o tamanho e a mesorregião à qual está localizada a fazenda.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Determinar um modelo de regressão com dados em painel mais adequado para estimar a lucratividade avaliada em diferentes anos e em diferentes fazendas produtoras de leite do Estado de Minas Gerais.

2.2. Específicos

- Definir as variáveis do processo de produção de leite que são mais explicativas da lucratividade.
- Realizar a análise descritiva da lucratividade e das variáveis explicativas definidas.
- Comparar o modelo de regressão com dados em painel, quando estratificados pelo tamanho da propriedade produtora de leite e pela mesorregião à qual está localizada a fazenda produtora de leite.
- Estimar a importância relativa das variáveis explicativas sobre a lucratividade.
- Analisar às variáveis explicativas a fim de melhorar a lucratividade das fazendas produtora de leite do estado de Minas Gerais.
- Aplicar o modelo de regressão com dados em painel ajustado para analisar os efeitos das variáveis explicativas no ROA.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Pecuária de leite

Em 2022, o Brasil produziu cerca de 35 bilhões de litros de leite, o que representou 80 bilhões de reais de valor bruto da produção (VBP) (IBGE, 2024). O Brasil foi o sexto maior produtor mundial de leite, representando 3,8% da produção, ficando atrás de Índia (24%), União Europeia (17%), Estados Unidos (11%), Paquistão (6,8%) e China (4,3%). Neste mesmo ano, a produção mundial de leite aumentou 1,5%, em relação a 2021. No entanto, a produção de leite no Brasil, caiu 1,7% (FAO, 2023).

A Figura 3.1 mostra a produção de leite no mundo (Figura 3.1a) e no Brasil (Figura 3.1b) entre os anos de 2014 e 2022. É possível observar que enquanto a produção mundial aumenta sucessivamente, a produção brasileira de leite apresentou oscilações com picos de crescimentos e quedas.

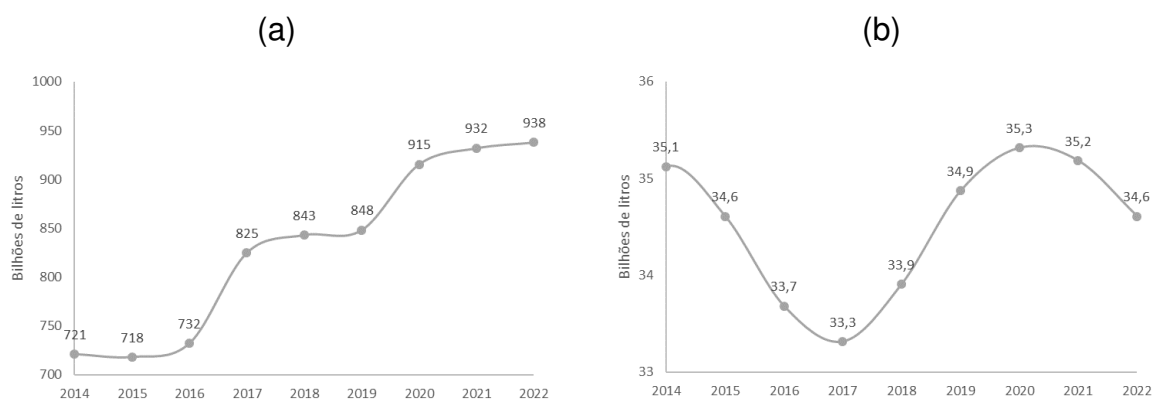


Figura 3.1 – Produção de leite (a) no mundo e (b) no Brasil.

Fonte: FAO, 2023, IBGE, 2024, elaborada pela autora.

Além da produção de leite, um importante indicador a ser analisado é a produtividade, ou seja, a produção de leite por vaca. Em 2022 os países com maior produtividade foram os Estados Unidos com 11 mil L/vaca/ano, o Reino Unido com 8,5 mil L/vaca/ano e a Argentina com 7,4 mil L/vaca/ano. A China apresentou o maior crescimento percentual da produtividade, com cerca de 30%, entre os anos de 2017 a 2022 chegando a 5,3 mil L/vaca/ano em 2022. No Brasil, em 2021, a produtividade de leite por vaca foi de 2,42 mil L/vaca/ano (USDA, 2022; EMBRAPA, 2023).

Conforme apontado por Ferreira (2002), esta baixa produtividade de leite no Brasil provoca a elevação de custos e a redução na rentabilidade, o que acarreta uma menor competitividade da atividade em relação aos outros países. Além disso, de acordo com Leite e Stock (2023), a tendência global é que os tamanhos dos rebanhos permaneçam praticamente inalterados e o crescimento da produção seja promovido pelo aumento da produtividade.

Outro desafio importante para a produção de leite no Brasil é a instabilidade dos preços, principalmente devido à baixa margem de lucro dos produtores. Isto impulsiona o produtor a buscar aumentar a sua escala produtiva, para que ele possa garantir um melhor resultado, porém com maior risco financeiro. A instabilidade do preço de comercialização do leite é influenciada por diversos fatores, como por exemplo, as políticas econômicas, sazonalidade de produção, controle sanitário, qualidade do leite e comportamento do mercado (SCHU et al., 2022). A Figura 3.2 mostra o preço do leite pago ao produtor no período de 2014 a 2022, cujas variações estão relacionadas aos estados e meses de cada ano.

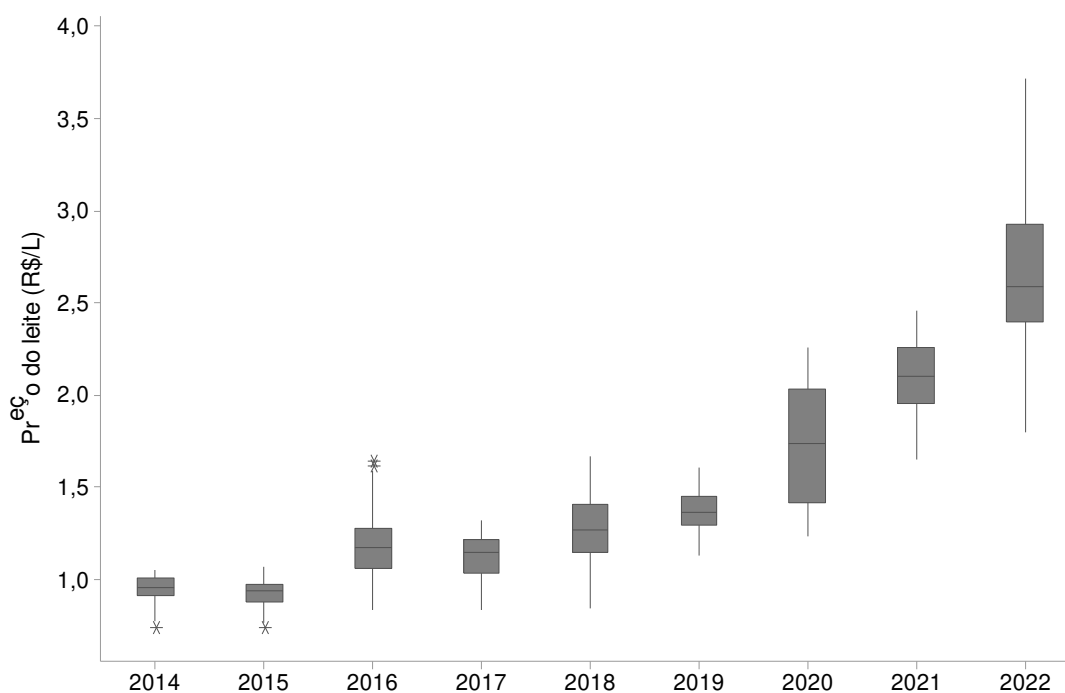


Figura 3.2 – Preço do leite pago ao produtor (R\$/L).

Fonte: Cepea, 2023, elaborada pela autora.

No Brasil, o maior Estado produtor de leite, em 2022, foi Minas Gerais, com participação de 27%, o que correspondeu a 9,3 bilhões de litros de leite produzido e

valor bruto da produção (VBP) da atividade leiteira de 22,9 bilhões de reais (IBGE, 2024). A Figura 3.3 mostra a produção de leite entre os anos de 2014 a 2022. É possível observar que entre os anos de 2016 a 2018, houve uma queda na produção de leite em Minas Gerais, assim como ocorreu na produção de leite no Brasil (Figura 3.1b).

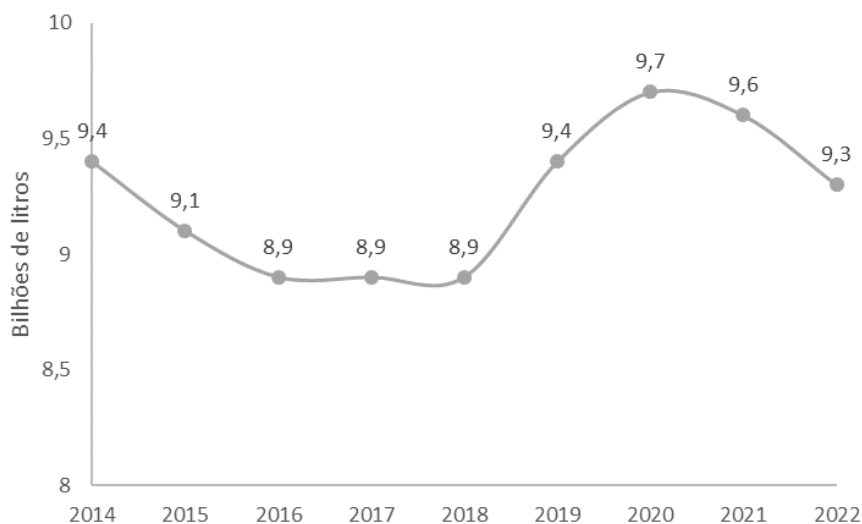


Figura 3.3 - Produção de leite em Minas Gerais.

Fonte: IBGE, 2024, elaborada pela autora.

O Estado de Minas Gerais é dividido em doze mesorregiões (Figura 3.4), que congregam diversos municípios de uma área geográfica com similaridades econômicas e sociais. A Tabela 3.1 mostra a produção de leite de Minas Gerais em 2021, separada por mesorregião. As principais mesorregiões produtoras de leite são o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e o Sul/Sudoeste, com cerca de 40% da produção do Estado. Além disso, o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba é a segunda maior mesorregião produtora de leite do Brasil, com participação de 6,9% da produção. Já a mesorregião Sul/Sudoeste de Minas é a quarta maior mesorregião produtora com 4,3% da produção nacional.

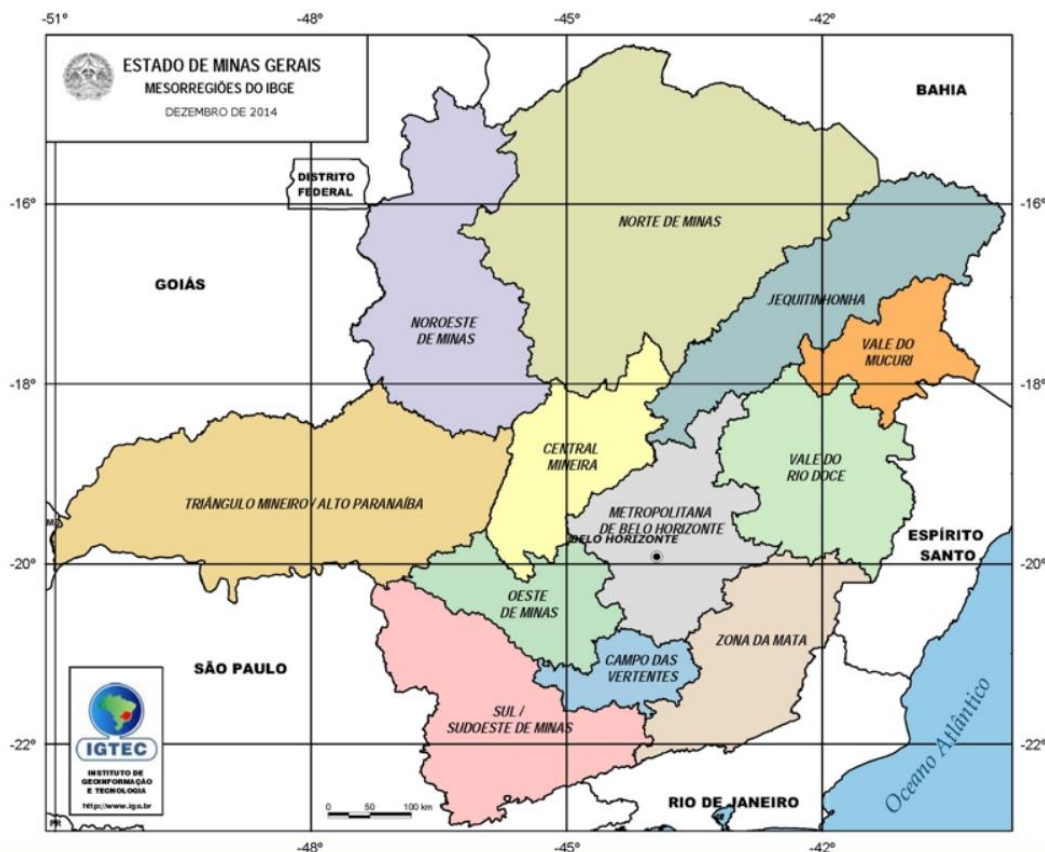


Figura 3.4 – Mesorregiões do estado de Minas Gerais.

Fonte: Governo do Estado de Minas Gerais (<https://www.mg.gov.br/pagina/geografia>).

Tabela 3.1 – Produção de leite em Minas Gerais por mesorregião

Mesorregião	Produção de leite	
	1.000.000 L/ano	%
Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba	2.295,5	24,1
Sul / Sudoeste	1.480,3	15,5
Zona da Mata	952,1	10,0
Oeste	834,0	8,7
Vale do Rio Doce	780,0	8,2
Central	673,3	7,1
Metropolitana de Belo Horizonte	675,7	7,1
Noroeste	639,6	6,7
Campos das Vertentes	479,2	5,0
Norte	290,2	3,0
Vale do Mucuri	267,7	2,8
Vale do Jequitinhonha	164,9	1,8
TOTAL		100

Fonte: SILEMG, 2023, elaborada pela autora.

Os diferenciais de produtividade do leite entre as mesorregiões de Minas Gerais, estão relacionados a fatores edafoclimáticos, tais como: nível de precipitação, clima e qualidade dos solos. As mesorregiões com maiores níveis de produtividade leiteira são também aquelas que historicamente destacam-se na produção agropecuária. No entanto, as outras mesorregiões menos favorecidas pelos fatores edafoclimáticas também podem ter ganhos de produtividade por meio da aquisição de tecnologias (PEROBELLI et al., 2018).

3.1.1. Sistemas de produção

De acordo com Olson (2011) existem quatro fatores que interferem o ambiente econômico de uma fazenda, sendo eles: recursos, mercado, instituições e tecnologia. Os recursos incluem a terra, mão de obra, capital (máquinas, infraestrutura, animais), e competências de gestão. O fator mercado corresponde às compras dos insumos e às vendas dos produtos. As instituições correspondem ao governo com as políticas e regulamentos, além de bancos e outras instituições de crédito. Já o fator tecnologia inclui o uso de técnicas e de processos físicos, mecânicos, biológicos e gerenciais.

O processo de produção de leite é bastante complexo, exigindo conhecimentos técnicos, de gestão e das necessidades do rebanho, ou seja, de manejo, alimentação, sanidade, reprodução, nutrição, instalações e equipamentos. Alguns indicadores de desempenho dos sistemas de produção apontados por Oliveira et al. (2023) são: vacas em lactação, produção de leite, período de lactação, produtividade média anual, custo operacional do leite, resultado operacional do leite, participação da alimentação no custo operacional total, participação da manutenção e depreciação no custo operacional total.

Para se definir o sistema de produção de leite mais viável para um produtor é importante considerar o manejo nutricional, a disponibilidade de alimentação, o clima local, a genética dos animais e a disponibilidade financeira do produtor. Para Santos et al. (2002), o sucesso do sistema de produção depende do seu grau de gerenciamento para o aproveitamento racional dos recursos à sua disposição (fatores internos), tais como: terra, máquinas, implementos, recursos humanos e infraestrutura. Além disso, considerando, concomitantemente, os fatores externos como mercado, perfil climático da região, logística e preço.

Os sistemas de produção de leite podem ser classificados em sistemas extensivo, semiextensivo e intensivo, que se diferenciam pela forma de criação dos animais, influenciando na alimentação dos animais e na necessidade de investimentos em equipamentos e infraestrutura.

No sistema extensivo ou de pastejo, os animais são criados exclusivamente a pasto, sem um padrão de raça definido. Neste sistema de produção de leite, necessita-se de pouco investimento, uma vez que as instalações e a infraestrutura são relativamente simples, necessitando de um curral no qual as vacas são ordenhadas. De acordo com Ferreira (2012) e Torres et al. (2010), este sistema de produção apresenta menores custos, principalmente porque as quantidades de concentrados e de mão de obra são menores. Desta forma, esse sistema oferece mais flexibilidade ao produtor para tolerar oscilações do preço do leite.

No sistema semiextensivo ou semiconfinado, os animais são criados a pasto, com suplementação volumosa na época de menor crescimento do pasto. Este sistema permite a aplicação de processos tecnológicos na criação, sendo comum práticas de aleitamento e inseminação artificiais.

O sistema intensivo ou confinado caracteriza-se pelo uso de animais especializados com grande capacidade de ingestão de alimentos, que são mantidos confinados em estábulos de ordenha e alimentados em cochos com forragens conservadas, como silagens e fenos. Este sistema demanda por maiores investimentos em instalações e infraestrutura, pois requerem instalações adequadas, bem arejadas, com um sistema de retirada dos dejetos e limpeza, mecanizada ou não, e um bom sistema de alimentação (OLSZENSVSKI, 2011).

De acordo com Ferreira (2012), o sistema de produção de leite ideal para cada produtor é aquele que oferecer o maior lucro. Assim, dada a complexidade dos sistemas de produção de leite, a adoção de novas tecnologias demanda por conhecimento técnico especializado e uma gestão competente para se analisar previamente a viabilidade financeira. A implementação de uma nova tecnologia demanda por investimentos, mas tem o potencial de reduzir o custo e de aumentar a produtividade e o lucro.

3.1.2. Lucratividade

O lucro é a diferença entre as receitas (o que se ganha) com os produtos que foram comercializados e os custos (o que se paga) relacionados a esses produtos, ou seja, é o resultado do que se gasta para gerar receita. No contexto das propriedades produtoras de leite, utiliza-se, principalmente, o termo margem de lucro bruto que é a diferença entre a receita total obtida com a atividade leiteira e o custo operacional efetivo. A receita pode ser calculada como sendo o produto do preço do leite pago ao produtor pela quantidade de leite vendida. O custo operacional efetivo inclui os custos com mão de obra (contratada e familiar), os gastos com alimentação, sanidade e reprodução dos animais, as despesas administrativas, entre outros gastos.

Portanto, a margem de lucro bruto serve para medir a eficácia do negócio em termos de resultado absoluto. De acordo com Stock et al. (2010), quando a margem de lucro bruto é positiva, o produtor está tendo uma receita superior ao desembolso, indicando condição de sobrevivência ao negócio. Quando a margem de lucro bruto é negativa, a atividade leiteira é antieconômica, necessitando de providências urgentes para estancar o prejuízo. Em casos mais extremos, pode ser necessário até o abandono da atividade.

Além de avaliar a eficácia do negócio, é importante também, avaliar a sua eficiência. Conforme Stock et al. (2010), a eficiência técnica significa produzir o máximo possível com a melhor combinação de recursos e insumos. Já a eficiência econômica significa combinar os insumos de tal forma que se obtenha o melhor retorno econômico possível.

A eficiência econômica pode ser analisada pela lucratividade, que avalia o retorno do negócio (lucro) a partir dos recursos empregados. Em outras palavras, a lucratividade serve para avaliar se o capital empregado está tendo o retorno esperado (ZAROWNY, 2016). Para Gargiulo et al. (2022), a lucratividade é multifatorial, pois depende da combinação de investimentos, vendas, preços, custos e índices de produtividade. Além disso, Hanrahan et al. (2018) apontam que a maximização da lucratividade no nível da fazenda inclui a taxa de lotação, a duração da estação de pastejo, a proporção da ração comprada por vaca e a produção de gordura e proteína por litro de leite.

O ROA é um índice de lucratividade que mostra o retorno do negócio em relação ao ativo total (GITMAN; MADURA, 2003), ou seja, ele mostra, em termos percentuais, o quanto a empresa ganhou/perdeu sobre cada unidade monetária de investimento em ativos. A sua equação é dada por:

$$ROA = \frac{\text{Margem de lucro bruto}}{\text{Ativo total}} \quad (1)$$

Conforme Santos et al. (2002), a característica do ativo é trazer benefícios futuros ou ter potencial para gerar receitas. Os ativos compreendem os investimentos, imobilizado e intangível, que incluem: imóveis e terrenos, máquinas e equipamentos, móveis e instalações, entre outros (SILVA, 2010). Nas fazendas produtoras de leite, os ativos são, por exemplo, a terra utilizada para a produção de leite, os animais, os equipamentos utilizados para a ordenha e a infraestrutura para o armazenamento do leite, além de outros.

Desta forma, o ROA além de considerar o valor absoluto da margem de lucro bruto das fazendas produtoras de leite, compreende também os investimentos realizados no sistema de produção (terra, animais, infraestrutura, equipamentos), representados por meio do ativo total.

3.2. Dados em painel

Os dados em painel ou dados longitudinais, se referem ao conjunto de dados, os quais foram medidos sobre o mesmo indivíduo, informações ao longo de vários períodos de tempo, ou seja, pode ser visto como uma combinação de série temporal com dados de corte transversal. O objetivo principal de um estudo com dados em painel é caracterizar as alterações da variável-resposta com o tempo, assim como determinar se essas alterações se relacionam com um conjunto de variáveis previamente selecionadas (CABRAL; GONÇALVES, 2011).

De acordo com Baltagi (2013), a vantagem da análise com dados em painel é permitir construir modelos comportamentais mais complexos e mais adequados para identificar efeitos que não são detectáveis nas séries temporais e nos dados de corte transversal, isoladamente. Além disso, de acordo com Marques (2000), a estimação com dados em painel enfatiza a heterogeneidade individual, que sugere a existência

de características diferenciadas entre os indivíduos. Essas características podem ser, ou não, constantes ao longo do tempo, de modo que estudos temporais ou de corte transversal que não considerarem a heterogeneidade, poderão produzir resultados viesados.

Conforme Cabral e Gonçalves (2011), na análise de dados em painel, obtém-se para cada indivíduo, um vetor resposta constituído pelas medições repetidas que estão, na maioria das vezes, correlacionadas e, por isso, a autocorrelação desempenha um papel importante nas estimações dos parâmetros do modelo ajustado aos dados. Além disso, existe uma elevada variabilidade entre os diferentes indivíduos, que podem possuir diferentes números de observações realizadas e em diferentes ocasiões.

Os dados em painel podem ser classificados em painel balanceado ou desbalanceado. O painel é dito balanceado ou equilibrado, quando existem informações para todas as observações em todos os períodos de tempo. Por outro lado, é desbalanceado, não-balanceado ou desequilibrado, quando algumas observações estão ausentes em determinados períodos de tempo.

Os dados em painel também podem ser classificados em painel curto, quando o número de indivíduos é maior do que o número de períodos de tempo, e em painel longo, quando o número de períodos de tempo é maior do que o número de indivíduos (GUJARATI; PORTER, 2011).

3.2.1. Correlação serial

Nos estudos com dados em painel, as informações são constituídas pelas medições repetidas sobre o mesmo indivíduo em diferentes ocasiões. Neste contexto, existe uma repetição implícita nos tempos de observações de cada indivíduo, que pode levar a uma correlação serial ou autocorrelação entre as observações (CABRAL; GONÇALVES, 2011).

De acordo com Pesaran (2015), a correlação serial surge quando os erros de regressão não são distribuídos de forma independente, devido à persistência das observações ao longo do tempo ou no espaço. A correlação serial também pode ocorrer quando a dinâmica das interações entre a variável resposta e as variáveis

explicativas (regressores), não são adequadamente levadas em conta, ou se o modelo de regressão for mal especificado devido à omissão de regressores persistentes.

Para Baltagi (2013), ignorar a correlação serial quando ela está presente, resulta em estimativas consistentes, mas ineficientes dos coeficientes de regressão, além de erros-padrão tendenciosos. Desta forma, ressalta-se a importância de se identificar a correlação serial nos modelos de regressão por meio de testes de hipóteses. Dentre os existentes para a identificação da correlação serial em modelos de regressão, podem-se destacar os testes de Durbin-Watson (DURBIN; WATSON, 1950) e de Breusch-Godfrey (BREUSCH, 1978; GODFREY, 1978; WOOLDRIDGE, 2002).

3.2.2. Heterocedasticidade

Um dos problemas dos modelos de regressão em que as variâncias não são constantes entre as observações é a heterocedasticidade (GREENE, 2002). De acordo com Baltagi (2013), assumir perturbações homocedásticas quando há heterocedasticidade resultará em estimativas consistentes dos coeficientes de regressão, mas que não serão eficientes.

De acordo com Gujarati e Porter (2011), as fontes de heterogeneidade nos modelos de regressão com dados em painel podem ser: (i) modelos de erro-aprendizagem, em que os comportamentos incorretos dos indivíduos diminuem com o tempo ou o número de erros torna-se mais consistente; (ii) melhoria da técnica de coleta de dados; (iii) presença de dados discrepantes; e (iv) omissão de variáveis importantes no modelo de regressão.

Pesaran (2015) apresenta alguns exemplos comuns de regressão com erros heterocedásticos, que incluem regressões dos crescimentos entre países e entre indústrias. Para o autor, a heterocedasticidade pode surgir se os coeficientes de regressão variarem aleatoriamente entre as observações ou quando as estimativas forem baseadas em diferentes tamanhos de amostra. Existem diversos testes de hipóteses na literatura para se verificar a homocedasticidade dos resíduos em modelos de regressão, como por exemplo, os testes de Goldfeld-Quandt (GOLDFELD; QUANDT, 1965) e de Breusch-Pagan (BREUSCH; PAGAN, 1979).

Em modelos de regressão com dados em painel é comum a ocorrência de correlação serial e/ou de heterocedasticidade nos resíduos. De acordo com Pesaran (2015), utilizar um procedimento de inferência de dados que não considera a correlação serial e nem a heterocedasticidade dos resíduos, pode levar a resultados distorcidos. Desta forma, uma vez detectada a correlação serial e/ou a heterocedasticidade dos erros, um método comum e simples para a obtenção de estimativas mais robustas dos erros-padrão é por meio da utilização da matriz de variâncias-covariâncias generalizada (BALTAGI, 2013; PESARAN, 2015; ZEILEIS et al., 2020).

3.3. Modelos de regressão com dados em painel

De modo geral, um modelo de regressão com dados em painel, pode ser representado da seguinte forma:

$$y_{it} = \beta_{0it} + \beta_{1it}x_{1it} + \dots + \beta_{kit}x_{kit} + \varepsilon_{it}, \quad i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T \quad (2)$$

Onde i denota os diferentes indivíduos e t o período de tempo analisado. Além disso, y é o vetor dos valores da variável-resposta; x é a matriz dos valores das variáveis explicativas, o qual x_k é o valor da k -ésima variável explicativa do modelo; β é o vetor dos parâmetros a serem estimados; e ε_{it} é o vetor dos erros aleatórios. O modelo geral também pode ser representado na forma matricial para o i -ésimo indivíduo, como segue:

$$\begin{bmatrix} y_{i1} \\ y_{i2} \\ \vdots \\ y_{iT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{1i1} & x_{2i1} & \dots & x_{ki1} \\ 1 & x_{1i2} & x_{2i2} & \dots & x_{ki2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1iT} & x_{2iT} & \dots & x_{kiT} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_{0i1} & \beta_{0i2} & \dots & \beta_{0iT} \\ \beta_{1i1} & \beta_{1i2} & \dots & \beta_{1iT} \\ \beta_{2i1} & \beta_{2i2} & \dots & \beta_{2iT} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{ki1} & \beta_{ki2} & \dots & \beta_{kiT} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{i1} \\ \varepsilon_{i2} \\ \vdots \\ \varepsilon_{iT} \end{bmatrix} \quad (3)$$

No modelo geral, o intercepto e os parâmetros são diferentes para cada indivíduo e para cada período de tempo. Desta forma, existem mais parâmetros desconhecidos do que observações, o que não permite estimar os parâmetros do modelo. Para tornar o modelo operacional, é necessário especificar suposições no

modelo geral, sendo que os modelos mais comuns são: modelo de regressão com dados empilhados, modelo de regressão com dados em painel de efeitos fixos e modelos de regressão com dados em painel de efeitos aleatórios (DUARTE et al., 2007).

3.3.1. Dados empilhados

No modelo de regressão com dados em painel de dados empilhados, todas as observações dos diferentes períodos de tempo são agrupadas, de forma que é estimada uma regressão que despreza a natureza do corte transversal e as séries temporais dos dados.

Neste caso, é estimado um modelo de regressão de mínimos quadrados ordinários, assumindo que o comportamento dos indivíduos é o mesmo nos diferentes períodos de tempo. Assim, assume-se que $\beta_{0it} = \beta_0$; $\beta_{1it} = \beta_1$; ...; $\beta_{kit} = \beta_k$. Desta forma, são estimados $k+1$ parâmetros. O modelo com dados empilhados é dado por:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{1it} + \dots + \beta_k x_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

Na forma matricial e para o i -ésimo indivíduo, o modelo pode ser representado por:

$$\begin{bmatrix} y_{i1} \\ y_{i2} \\ \vdots \\ y_{iT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{1i1} & x_{2i1} & \dots & x_{ki1} \\ 1 & x_{1i2} & x_{2i2} & \dots & x_{ki2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1iT} & x_{2iT} & \dots & x_{kiT} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{i1} \\ \varepsilon_{i2} \\ \vdots \\ \varepsilon_{iT} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Esta regressão considera que o intercepto do modelo e os seus coeficientes angulares são constantes ao longo do tempo, sendo que o termo do erro aleatório capta as diferenças dentro dos tempos e entre os indivíduos. Segundo Marques (2000), ao não dar conta de uma heterogeneidade eventualmente existente, esse modelo promoverá erro de especificação e viés. Além disso, por ignorar a existência de heterogeneidade nos dados, a aplicação do modelo de regressão com dados em

painel de dados empilhados não é verdadeiramente um método de estimação em painel.

Se houver fatores não-observados em ε que não sejam aleatórios, mas sistemáticos, o modelo com dados empilhados já não será apropriado. Caso os elementos não-observados sejam correlacionados com as variáveis explicativas, tem-se um caso tradicional de viés de variável omitida e, portanto, as estimativas dos parâmetros serão inconsistentes. Além disso, como as observações se repetem no tempo, deve-se considerar a dependência entre elas (MESQUITA et al., 2020).

3.3.2. Efeitos fixos

No modelo de regressão com dados em painel de efeitos fixos supõe-se que o intercepto varia de um indivíduo para o outro, mas é constante dentro de cada período de tempo, ou seja, $\beta_{oit} = \beta_{oi} = \alpha_i$, para $i = 1, 2, \dots, N$. Além disso, os parâmetros β s são constantes para todos os indivíduos e em todos os períodos de tempo, ou seja, $\beta_{1it} = \beta_1; \dots; \beta_{kit} = \beta_k$. Desta forma, o modelo de efeitos fixos é dado por:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{1it} + \dots + \beta_k x_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

Na forma matricial e para o i -ésimo indivíduo, ele pode ser representado por:

$$\begin{bmatrix} y_{i1} \\ y_{i2} \\ \vdots \\ y_{iT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{1i1} & x_{2i1} & \dots & x_{ki1} \\ 1 & x_{1i2} & x_{2i2} & \dots & x_{ki2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1iT} & x_{2iT} & \dots & x_{kiT} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_i \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{i1} \\ \varepsilon_{i2} \\ \vdots \\ \varepsilon_{iT} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Neste modelo, α_i representa os interceptos a serem estimados, um para cada indivíduo. Assim, são estimados $k+N$ interceptos. Como os parâmetros β s não variam entre os indivíduos e nem ao longo do tempo, todas as diferenças de comportamento entre os indivíduos deverão ser captadas pelo intercepto. Desse modo, α_i pode ser interpretado como o efeito das variáveis omitidas no modelo (DUARTE et al., 2007).

Um problema comum em regressão com dados em painel é a heterogeneidade não-observada, ou seja, sabe-se que existem fatores que determinam a variável

dependente, mas não estão sendo considerados dentro do conjunto de variáveis explicativas, por não serem diretamente observáveis ou mensuráveis (LOUREIRO; COSTA, 2009). O modelo de efeitos fixos busca controlar os efeitos das variáveis omitidas que variam entre os indivíduos e permanecem constantes ao longo do tempo.

O modelo de efeitos fixos é a melhor opção para modelar os dados em painel, quando o intercepto (α_i) é correlacionado com as variáveis explicativas em qualquer período de tempo. Além disso, como o intercepto do modelo é tratado como um parâmetro fixo, também é desejável usar efeitos fixos quando as observações são obtidas de toda a população e o que se deseja fazer são inferências apenas para os indivíduos dos quais se dispõem de dados (DUARTE et al., 2007).

3.3.3. Efeitos aleatórios

Enquanto o modelo de efeitos fixos trata os interceptos como parâmetros fixos, o modelo de efeitos aleatórios trata-os como variáveis aleatórias. Desta forma, este modelo considera que os indivíduos sobre os quais dispõem-se de dados são amostras aleatórias de uma população maior de indivíduos. Assim, tem-se que $\beta_{0i} = \bar{\beta}_0 + \alpha_i$, ou seja, o intercepto é composto pelo α_i (que é considerada uma variável aleatória, com média zero e variância σ_α^2) e pelo $\bar{\beta}_0$ que corresponde ao intercepto populacional (DUARTE et al., 2007). Desta forma, o modelo de efeitos aleatórios é dado por:

$$y_{it} = \bar{\beta}_0 + \beta_1 x_{1it} + \dots + \beta_k x_{kit} + v_{it} \quad (8)$$

Em que $v_{it} = \varepsilon_{it} + \alpha_i$ é denominado erro composto. Conforme Gujarati e Porter (2011), ε_{it} é o componente do erro de corte transversal, ou seja, o erro específico dos indivíduos. Já α_i é o elemento do erro combinado da série temporal com corte transversal, denominado termo idiossincrático, porque varia com os indivíduos e também com o tempo.

Na forma matricial e para o i -ésimo indivíduo, tem-se que o modelo de efeitos aleatórios é dado por:

$$\begin{bmatrix} y_{i1} \\ y_{i2} \\ \vdots \\ y_{iT} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{1i1} & x_{2i1} & \cdots & x_{ki1} \\ 1 & x_{1i2} & x_{2i2} & \cdots & x_{ki2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1iT} & x_{2iT} & \cdots & x_{kiT} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{\beta}_0 \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_{i1} \\ v_{i2} \\ \vdots \\ v_{iT} \end{bmatrix} \quad (9)$$

As propriedades do termo v_{it} são:

- i) $E(v_{it}) = 0$;
- ii) $Var(v_{it}) = \sigma_\varepsilon^2 + \sigma_\alpha^2$;
- iii) $Cov(v_{it}, v_{is}) = \sigma_\alpha^2, \forall t \neq s$; e
- iv) $Cov(v_{it}, v_{jt}) = 0, \forall i \neq j$.

A primeira propriedade indica que v_{it} possui média zero. A segunda aponta que a variância de v_{it} é constante, e, portanto, homocedástico. Na terceira propriedade tem-se que os erros de um mesmo indivíduo em diferentes períodos de tempo são correlacionados, caracterizando a autocorrelação. E a quarta propriedade mostra que os erros de diferentes indivíduos no mesmo período de tempo não são correlacionados, isto é, que não existe correlação contemporânea (DUARTE et al., 2007).

A vantagem do modelo de efeitos aleatórios é que este modelo estima todos os coeficientes, mesmo dos regressores invariantes no tempo e, portanto, os efeitos marginais (FÁVERO, 2013). De acordo com Gujarati e Porter (2011), se os erros ε_i e os Xs não estão correlacionados, o modelo de efeitos aleatórios pode ser adequado. Mas, se ε_i e os Xs estiverem correlacionados, o modelo de efeitos fixos pode ser mais adequado. A desvantagem do modelo de efeitos aleatórios é que os estimadores são inconsistentes se o modelo de efeitos fixos for mais apropriado (FÁVERO, 2013).

Para comparar a qualidade do ajuste entre os modelos de efeitos fixos e de efeitos aleatórios, pode ser realizado o teste de Hausman (HAUSMAN, 1978), que verifica na hipótese nula se existe correlação entre α_i e as variáveis explicativas. Este teste considera, na hipótese nula, que α_i não é correlacionado com as variáveis explicativas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Base de dados

A base de dados utilizada nesse estudo foi fornecida pelo Educampo Leite, que é um programa criado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Minas Gerais (Sebrae-MG). Foram utilizados dados da plataforma do Educampo Leite, do período de 2012 a 2020, que contabilizou até 54 agroindústrias e 1.688 fazendas produtoras de leite, localizadas em 315 cidades, distribuídas em todas as 12 mesorregiões do Estado de Minas Gerais. A Tabela 4.1 apresenta o número de produtores de leite que participaram deste estudo por ano, no período de 2012 a 2020.

Tabela 4.1 - Número de produtores Educampo Leite por ano

Ano	TOTAL
2012	513
2013	597
2014	636
2015	589
2016	612
2017	598
2018	588
2019	614
2020	648

O banco de dados disponibilizado pelo Educampo Leite contém informações de indicadores técnicos e econômicos, conforme Tabela 4.2. Os dados monetários foram deflacionados pelo Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI).

Tabela 4.2 – Indicadores fornecidos pelo Educampo Leite

Técnicos	Econômicos
Área para pecuária (ha)	Receita bruta da atividade leiteira (R\$/Ano)
Área para pecuária considerando reserva (ha)	Receita bruta do leite (R\$/Ano)
Vacas em lactação (Cab./mês)	Preço médio do leite (R\$/L)
Total de vacas (Cab./mês)	Gasto com concentrado (R\$/Ano)
Total de animais (Cab./mês)	Gasto com mão de obra contratada (R\$/Ano)
Contagem de células somáticas média do leite (x1000 Cel./mL)	Custo da mão de obra familiar (R\$/Ano)
Contagem bacteriana total média do leite (x1000 UFC/mL)	Custo operacional efetivo (R\$/Ano)
Extrato seco total média do leite (%)	Custo operacional total (R\$/Ano)
Porcentagem de gordura média do leite (%)	Custo total (R\$/Ano)
Porcentagem de proteína média do leite (%)	Investimento (R\$)
Área própria (ha)	Estoque de capital em benfeitorias (R\$)
Área arrendada (ha)	Estoque de capital em máquinas (R\$)
Produção anual de leite (L/Ano)	Estoque de capital em animais (R\$)
Volume de leite descartado (L/Ano)	Estoque de capital em terra (R\$)

É importante reconhecer que as fazendas produtoras de leite que participaram deste estudo não foram selecionadas aleatoriamente, mas, são propriedades participantes do Programa Educampo Leite do Sebrae-MG. Embora exista a possibilidade de isso afetar as estimativas da análise, trata-se de um banco de dados heterogêneo que representou 1,1% de toda a produção de leite de Minas Gerais em 2020. Desta forma, trata-se de um banco de dados relativamente grande, de fazendas com diferentes tamanhos, estruturas e localizações. Os dados coletados são um valor médio anual da fazenda e foram coletados e acompanhados pelos técnicos do Programa, juntamente com o produtor de leite.

4.2. Definição das variáveis resposta e explicativas

A lucratividade (variável-resposta) foi analisada por meio do retorno sobre ativo (ROA), conforme apresentado a seguir:

$$ROA = \frac{\text{Margem de Lucro}}{\text{Ativo total}} = \frac{\text{Receita bruta da atividade leiteira} - \text{Custo Operacional Efetivo}}{\text{Estoque de capital total}} \quad (10)$$

A margem de lucro foi calculada pela diferença da receita bruta da atividade leiteira em relação ao custo operacional efetivo. Os ativos foram calculados pela soma

do estoque de capital, que inclui os valores das benfeitorias, das máquinas, dos animais, da terra, e investimentos.

O ROA é um índice adimensional, que pode ser negativo quando o custo for maior do que a receita, ou seja, quando o lucro for negativo. Quanto maior for o valor do ROA, melhor será a condição da fazenda produtora de leite. Para aumentar o ROA, uma fazenda produtora de leite pode aumentar a receita, reduzir o custo e/ou diminuir o estoque de capital.

A partir do banco de dados, foram definidas as variáveis explicativas, conforme constam na Tabela 4.3. Ao invés de se utilizar as variáveis de forma absoluta, optou-se por utilizá-las de forma relativa, como indicadores, que pudessem ser gerenciados e manipulados pelo produtor para melhorar a eficiência e, conseqüentemente, a lucratividade.

Tabela 4.3 - Variáveis explicativas

Variável	Unidade	Sigla
Preço/litro	R\$/L	PRI
Custo operacional efetivo/litro	R\$/L	COEI
Produção de leite/vaca	mil L/vaca	PRODvaca
Vacas em lactação/vaca	%	LACvaca
Área usada para pecuária/vaca	ha/vaca	AREAvaca
Área arrendada/vaca	ha/vaca	AREAARvaca
Gasto com concentrados/vaca	mil R\$/vaca	CONCvaca
Gasto com volumosos/vaca	mil R\$/vaca	VOLvaca
Gasto com mão de obra contratada/vaca	mil R\$/vaca	MDOvaca
Gasto com mão de obra familiar/vaca	mil R\$/vaca	MDOFvaca

4.3. Estratificação dos dados

4.3.1. Por tamanho

A estratificação por tamanho foi realizada utilizando os ativos da fazenda produtora de leite, ou seja, pelo estoque de capital total. O estoque de capital contempla o valor acumulado das fazendas produtoras de leite com terra, animais,

benfeitorias, máquinas e investimentos. Desta forma, espera-se que quanto maior o estoque de capital, maior será o tamanho da fazenda produtora de leite.

Dada uma grande diversidade e subjetividade das classificações das propriedades de leite, adotou-se uma classificação em função de percentuais. Este processo de estratificação resultou em três estratos classificados em pequena, média e grande propriedades produtoras de leite, com 25%, 50% e 25%, das propriedades, respectivamente. As pequenas foram compostas por propriedades com estoques de capital de até R\$ 1,048 milhão de reais. As médias foram compostas por propriedades com estoques de capital entre R\$ 1,048 milhão e R\$ 2,948 milhões de reais. E as grandes por produtores com estoques de capital entre R\$ 2,948 milhões e 40,200 milhões de reais.

Como os dados foram coletados durante um período de nove anos, sabe-se que uma fazenda produtora de leite pode aumentar ou reduzir o seu estoque de capital com o tempo. Desta forma, para garantir que uma mesma fazenda não estivesse presente em mais de um estrato, considerou-se o estoque de capital da fazenda na primeira coleta do dado para a estratificação. Assim, ela permaneceu no mesmo estrato em toda a análise.

As pequenas propriedades produtoras de leite contabilizaram 37 agroindústrias e 466 fazendas, localizadas em 153 cidades, distribuídas nas 12 mesorregiões do Estado de Minas Gerais. Já as médias propriedades contabilizaram 46 agroindústrias e 828 fazendas produtoras de leite, localizadas em 223 cidades distribuídas nas 12 mesorregiões do Estado de Minas Gerais. E por fim, as grandes propriedades contabilizaram 36 agroindústrias e 394 fazendas, localizadas em 178 cidades distribuídas em 11 mesorregiões do Estado de Minas Gerais. No estrato das grandes propriedades produtoras de leite, não foram identificadas fazendas na mesorregião do Jequitinhonha (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 – Número de produtores estratificado por tamanho por ano

Ano	Pequeno	Médio	Grande
2012	152	245	116
2013	166	279	152
2014	164	300	172
2015	150	257	182
2016	153	271	188
2017	153	275	170
2018	133	286	169
2019	129	302	183
2020	135	321	192

4.3.2. Por mesorregião

Na estratificação por mesorregião, foram selecionadas as cinco mesorregiões que mais produzem leite, entre as doze existentes em Minas Gerais. Os estratos por mesorregião foram: Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (TRI), Sul/Sudoeste de Minas (SUL), Zona da Mata (ZMT), Oeste de Minas (OEM) e Vale do Rio Doce (VRD). Estas mesorregiões produzem cerca de 66,5% da produção de leite do Estado.

A Tabela 4.5 mostra o número de fazendas produtoras de leite por ano em cada estrato, que corresponde a 68% das fazendas produtoras de leite e a 71% do banco de dados do Educampo. A Tabela 4.6 mostra o número agroindústrias, fazendas e cidades que compõem cada estrato por mesorregião.

Tabela 4.5 – Número de produtores estratificado por mesorregião por ano

Ano	TRI	SUL	ZMA	OEM	VRD	Total
2012	240	67	16	39	9	371
2013	254	127	17	52	11	461
2014	242	146	2	46	25	461
2015	170	150	24	38	29	411
2016	188	122	32	55	24	421
2017	166	117	27	72	26	408
2018	157	129	20	72	25	403
2019	153	137	21	75	42	428
2020	156	143	27	82	51	459

Tabela 4.6 – Número de agroindústrias, fazendas e cidades por mesorregião

	Agroindústria	Fazenda	Cidades
TRI	22	534	40
SUL	9	327	84
ZMA	10	46	20
OEM	8	158	28
VRD	6	85	32

4.4. Análise descritiva

A análise descritiva foi realizada em três partes: (i) utilizando todos os dados; (ii) estratificada por tamanho; e (iii) estratificada por mesorregião. As análises descritivas foram realizadas por meio das construções de box-plots para a variável-resposta (ROA) e para as variáveis explicativas.

Na análise descritiva com todos os dados, além do ROA, foram realizadas também, as análises descritivas da renda bruta, do custo operacional efetivo, da margem bruta (diferença da renda bruta com o custo operacional efetivo) e do estoque de capital total que compõem o seu cálculo. A análise descritiva foi apresentada por ano, dada a importância de se analisar as variáveis no tempo com dados em painel.

4.5. Regressão com dados em painel

Os dados em painel utilizados neste estudo podem ser classificados como um painel curto, pois o número de observações é maior do que o número de períodos analisados e, desbalanceado, já que o número de observações é diferente em todos os períodos.

Após a seleção do melhor modelo de regressão com dados em painel, o mesmo foi ajustado aos dados transformados para valores entre zero e um, a fim de comparar a importância relativa de cada variável explicativa. A transformação das variáveis dentro desse intervalo foi obtida por:

$$x' = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (11)$$

Sendo que:

x' = valor transformado;

x = valor original;

x_{min} = valor mínimo do conjunto de dados; e

$x_{máx}$ = valor máximo do conjunto de dados.

Para sistematização e processamento dos dados foi utilizado os níveis de significância α iguais a 0,05 e 0,01 e o software R, com o auxílio do pacote *plm* de Croissant e Millo (2008). O modelo geral de regressão com dados em painel para estimar a lucratividade foi dado por:

$$\begin{aligned}
 ROA_{it} = & \beta_{0it} + \beta_{1it}PRL_{it} + \beta_{2it}COEl_{it} + \beta_{3it}PRODvaca_{it} + \beta_{4it}LACvaca_{it} + \\
 & + \beta_{5it}AREAvaca_{it} + \beta_{6it}AREAAvaca_{it} + \beta_{7it}CONCvaca_{it} + \\
 & + \beta_{8it}VOLvaca_{it} + \beta_{9it}MDOvaca_{it} + \beta_{10it}MDOFvaca_{it} + \varepsilon_{it}
 \end{aligned} \tag{12}$$

para $i = 1, 2, 3, \dots, 1688$ e $t = 2012, 2013, \dots, 2020$

Os modelos de regressão com dados em painel testados foram os modelos de efeitos fixos e aleatórios. Para comparar e selecionar o modelo que melhor se ajustou aos dados foi realizado o teste de Hausman (HAUSMAN, 1978), cuja hipótese nula testa se não há correlação entre α_i e as variáveis explicativas. Desta forma, se p -valor $\leq 0,05$ seleciona-se o modelo de efeitos fixos.

Ao todo foram gerados nove modelos de regressão: um modelo com todos os dados das fazendas Educampo, três modelos com a estratificação por tamanho, e cinco modelos com a estratificação por mesorregião.

A heterocedasticidade dos erros aleatórios foi verificada por meio do teste de Breusch-Pagan (BREUSCH-PAGAN, 1979), cuja hipótese nula consiste em verificar a presença de homocedasticidade, ou seja, se os resíduos são distribuídos com a mesma variância. Já a correlação serial foi verificada pelo teste de Breusch-Godfrey/Wooldridge (BREUSCH, 1978; GODFREY, 1978; WOOLDRIDGE, 2002) cuja hipótese nula consiste em verificar que não há correlação serial dos erros. Uma vez detectada a heterocedasticidade e/ou a correlação serial, foram utilizados os

estimadores da matriz de variâncias e covariâncias generalizada (ZELEIS et al., 2020).

4.5.1. Aplicação do modelo de regressão com dados em painel

Foram selecionadas duas fazendas produtoras de leite, para que o modelo de regressão com dados em painel ajustado pudesse ser analisado e comparado. A primeira fazenda, denominada Fazenda A, apresentou ROA menor do que zero em todos os anos. Ou seja, trata-se de uma fazenda que teve prejuízo ao longo dos anos. Para analisar o potencial de melhoria desta fazenda, foram propostas alterações nas variáveis explicativas com o objetivo de aumentar o ROA.

A segunda fazenda, denominada Fazenda B, apresentou ROA maior do que zero, e além disso, maior do que a média geral ao longo dos anos. Para analisar o risco desta fazenda, foram propostas alterações nas variáveis explicativas com o objetivo de reduzir o ROA.

Para comparar as fazendas foram construídos gráficos de linhas para o ROA e para as variáveis explicativas da Fazenda A, da Fazenda B e da média geral ao longo dos anos. Para análise das fazendas, foram construídos, separadamente, para cada fazenda, gráficos de linhas para verificar o efeito das alterações das variáveis explicativas no ROA.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise descritiva

5.1.1. Geral

Entre os anos de 2012 a 2020, a lucratividade das fazendas permaneceu com poucas alterações em torno da média de 0,10. Acima desta média, de modo geral, há 45% dos ROA avaliados, com alguns se destacando muito em relação ao grupo de produtores. Além disso, 12% dos ROA avaliados foram negativos. A diferença entre os produtores, no que diz respeito ao ROA é relativamente grande, variando de a -0,5 a 0,9 (Figura 5.1).

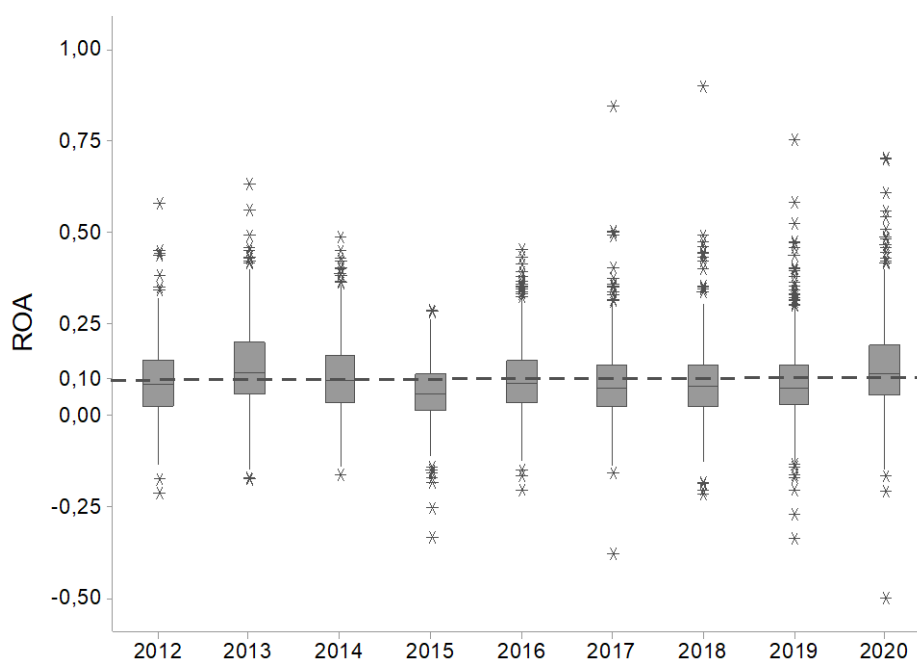


Figura 5.1 – ROA das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.

O ROA com valor de 0,10, significa que as fazendas produtoras de leite, ganham em média, R\$ 0,10 para cada R\$ 1,00 em ativos. Porém, é importante também observar os valores negativos. Em 2020, uma fazenda produtora de leite perdeu R\$ 0,50 para cada R\$ 1,00 em ativo.

A renda bruta das fazendas produtoras de leite apresentou um leve crescimento ao longo dos anos. Sugere-se que existem muitos produtores com baixa renda bruta,

e poucos produtores com uma renda bruta alta. Apesar da média da renda bruta ser de R\$ 1,097 milhão, 69% das rendas brutas medidas foram abaixo da média. As fazendas apresentaram renda bruta entre R\$ 14 mil e R\$ 14,5 milhões, das quais 12% das rendas brutas foram maiores do que R\$ 2 milhões e 3,6% maiores do que R\$ 4 milhões (Figura 5.2).

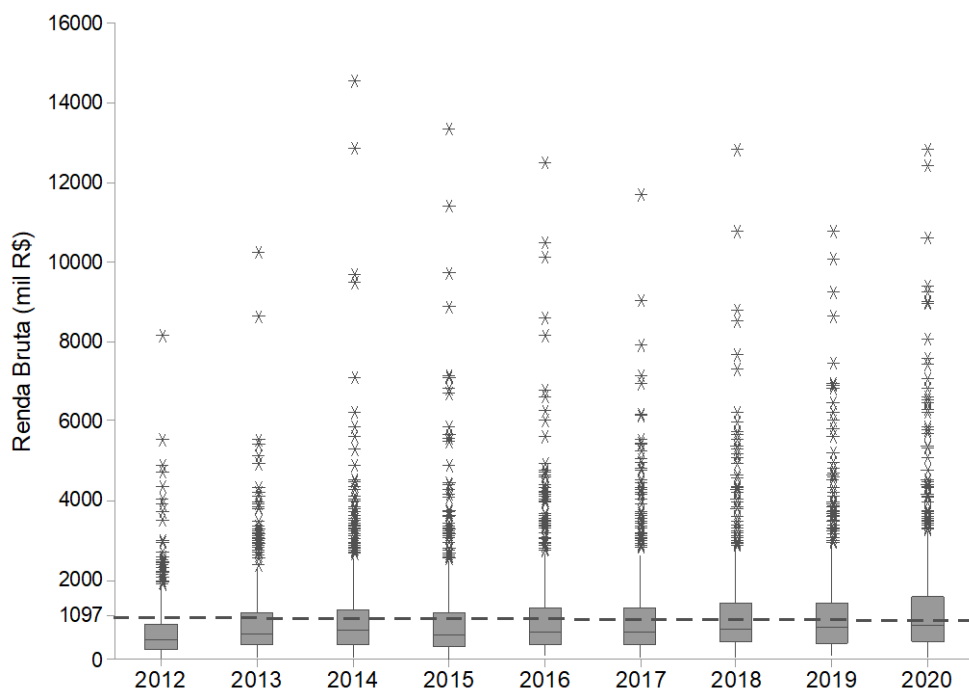


Figura 5.2 – Renda bruta (mil R\$) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.

Os principais itens do custo operacional efetivo (COE) são, por exemplo, os gastos com: mão de obra, alimentação animal, sanidade animal, reprodução, materiais utilizados na ordenha, impostos. De acordo com Oliveira e Carvalho (2022), o COE para a produção de leite é influenciado por diversos fatores, entre eles: fatores climáticos, estoques globais de milho e soja, câmbio, oferta e demanda e fertilizantes, cotação do petróleo.

Assim como ocorreu na renda bruta, há um leve crescimento do COE ao longo dos anos, e existem muitos produtores com baixo COE e pouco produtores com o COE alto. A média do COE foi de R\$ 866 mil, mas, 70% dos COE medidos nas fazendas foram abaixo da média. As fazendas apresentaram COE entre R\$ 24 mil e R\$ 12 milhões, dos quais 9% dos COE medidos foram maiores do que R\$ 2 milhões (Figura 5.3).

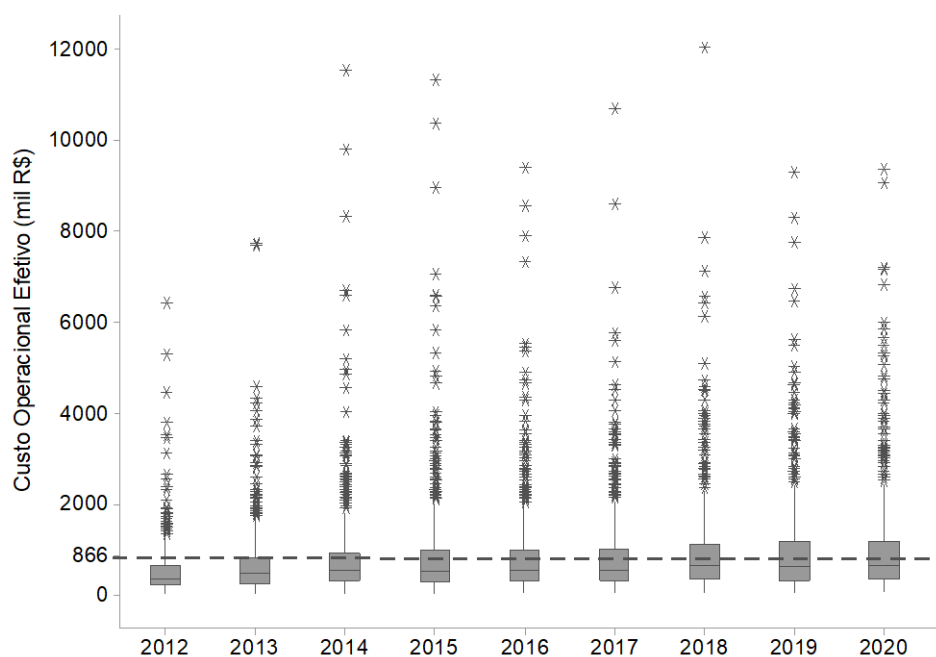


Figura 5.3 – Custo operacional efetivo (mil R\$) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.

A margem bruta é calculada pela diferença da renda bruta pelo custo operacional efetivo. De acordo com Martins (2022), o produtor de leite não consegue controlar os preços de venda do leite, nem dos gastos com os insumos para produção, o que aumenta as incertezas do produtor, já que se trata de um setor cuja característica é trabalhar com margens de lucro estreitas.

A margem bruta das fazendas produtoras de leite não apresentou crescimento ao longo dos anos e a amplitude dos valores foi menor do que a da renda bruta e a do custo operacional efetivo, já que o maior valor da margem bruta foi R\$ 4 milhões (Figura 5.4). Isto sugere que fazendas produtoras de leite com maior renda bruta possuem também maior custo operacional efetivo. Cerca de 34% das margens brutas medidas nas fazendas foram acima da média (R\$ 231 mil) e apenas 3% maiores do que R\$ 1 milhão. É importante, também, observar os valores negativos da margem bruta, já que 12% das margens brutas medidas nas fazendas foram negativas, ou seja, estas fazendas tiveram prejuízo.

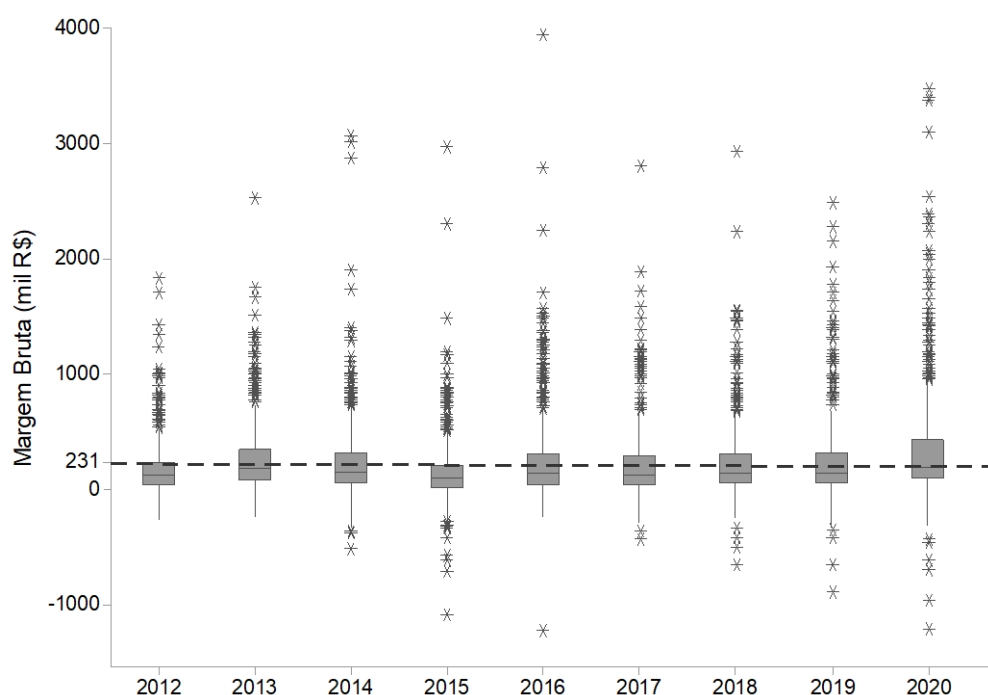


Figura 5.4 – Margem bruta (mil R\$) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.

Devido às estreitas margens de lucro, os produtores de leite têm dificuldades em realizar investimentos no processo de produção. Por outro lado, o produtor precisa investir e aumentar a produção para que as margens possam aumentar (MARTINS, 2022). O estoque de capital, que representa os ativos das fazendas produtoras de leite neste estudo, é composto pelos valores da terra, dos animais, das benfeitorias, das máquinas e dos investimentos.

O estoque de capital das fazendas produtoras de leite apresentou um leve crescimento ao longo dos anos. Aparentemente as fazendas são muito heterogêneas em relação à sua estrutura, pois o estoque de capital varia de R\$ 93 mil a R\$ 40 milhões. Há muitas fazendas com estruturas pequenas, e poucas fazendas com estruturas grandes. A média do estoque de capital foi de R\$ 2,6 milhões, dos quais mais de 30% dos estoques de capital das fazendas estão acima da média e apenas 9% maiores do que R\$ 5 milhões (Figura 5.5).

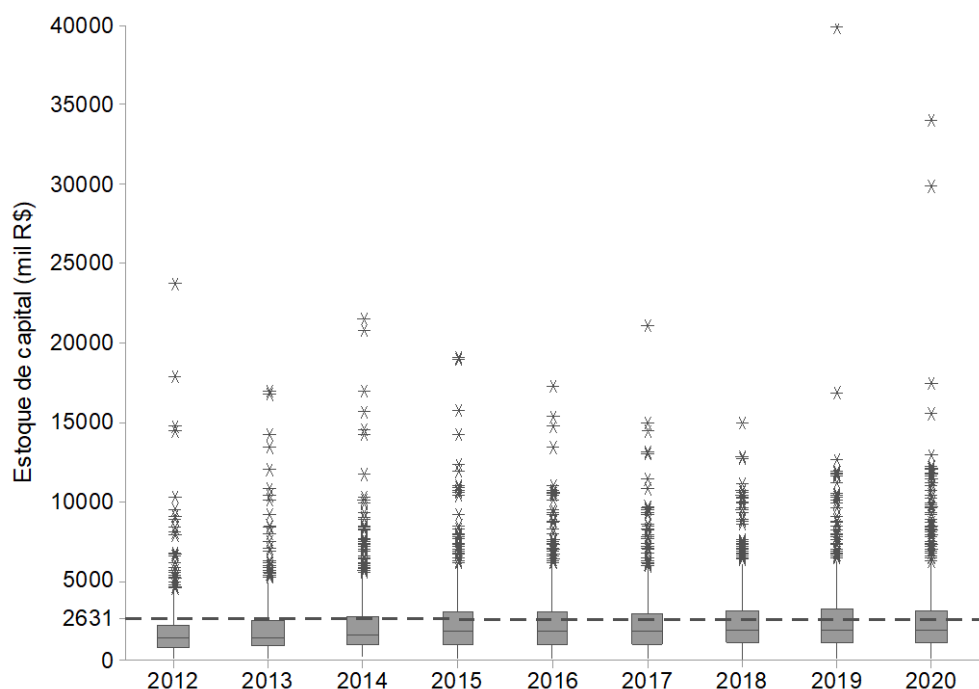


Figura 5.5 – Estoque de capital (mil R\$) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.

As variáveis que compõem o ROA, que estão apresentadas de maneira absoluta (renda bruta, custo operacional efetivo e estoque de capital), mostram a heterogeneidade das fazendas produtoras de leite. Desta forma, optou-se por utilizar o ROA, que é um índice de lucratividade que considera simultaneamente, a renda bruta, o custo operacional efetivo e o estoque de capital. As fazendas com renda bruta ou margem bruta baixas podem possuir ROA maiores do que fazendas com renda bruta e margem bruta altas, dependendo do seu estoque de capital. Assim, pelo ROA, as fazendas com diferentes estruturas podem ser comparadas e analisadas.

A formação do preço do leite ocorre em um mercado dado pela oferta de um grande número de produtores de leite em interação com um pequeno número de compradores, que são os laticínios que definem o preço do leite que será comprado (SABBAG; COSTA, 2015).

A Figura 5.6 mostra o preço do leite nos anos de 2012 a 2020 que foram deflacionados pelo Índice Geral de Preços – Disponibilidade Interna (IGP-DI). É possível observar que não há uma tendência de crescimento ou queda do preço do leite ao longo dos anos. Apesar de a variação do preço do leite ser relativamente baixa ao longo dos anos, as variações que ocorrem dentro de cada ano, impactam os

produtores que precisam produzir uma quantidade cada vez maior de leite, para aumentar a sua renda. Conforme apontado por Schu et al. (2022), um desafio importante no processo de produção de leite é a instabilidade dos preços, que pode ser influenciada por diversos fatores, como políticas econômicas, variação cambial, sazonalidade da produção, oscilação da oferta, controle sanitário, qualidade do produto e comportamento do mercado.

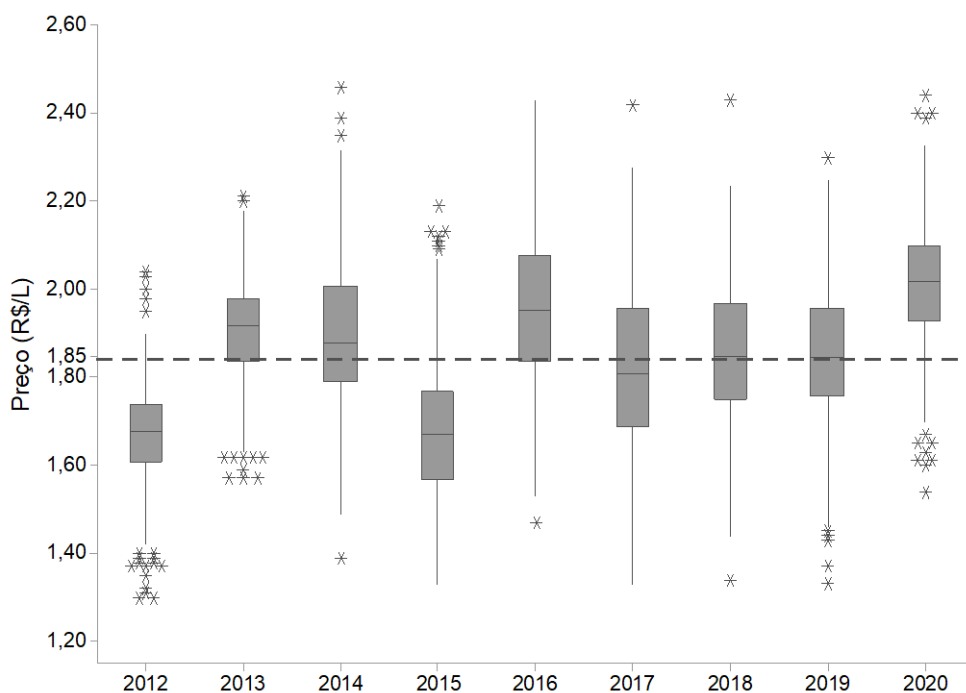


Figura 5.6 – Preço do leite (R\$/L) para o produtor das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.

Para gerenciar financeiramente uma fazenda produtora de leite é importante comparar o preço do litro de leite pago ao produtor, com o custo operacional efetivo por litro de leite (COEI). Para que a fazenda possua lucro, é necessário que o COEI seja menor do que o preço por litro de leite. Conforme apontado por Stock et al. (2010), uma vez que a atividade leiteira não permite que o produtor defina o preço de venda do produto, o gerenciamento dos custos possibilita ao produtor fixar diretrizes e corrigir distorções, para garantir a sobrevivência do seu sistema de produção de leite em um mercado cada vez mais competitivo.

Enquanto o preço por litro de leite (Figura 5.6) apresentou oscilações com picos e quedas ao longo dos anos, o COEI (Figura 5.7) permaneceu com poucas alterações em torno da média geral de R\$ 1,7/L. Apesar de a média do COEI ter sido menor do

que o preço do litro de leite, a variação do COEI foi maior em todos os anos. Isto pode indicar a necessidade de padronização dos processos de produção, com o objetivo de se reduzir a variação dos custos.

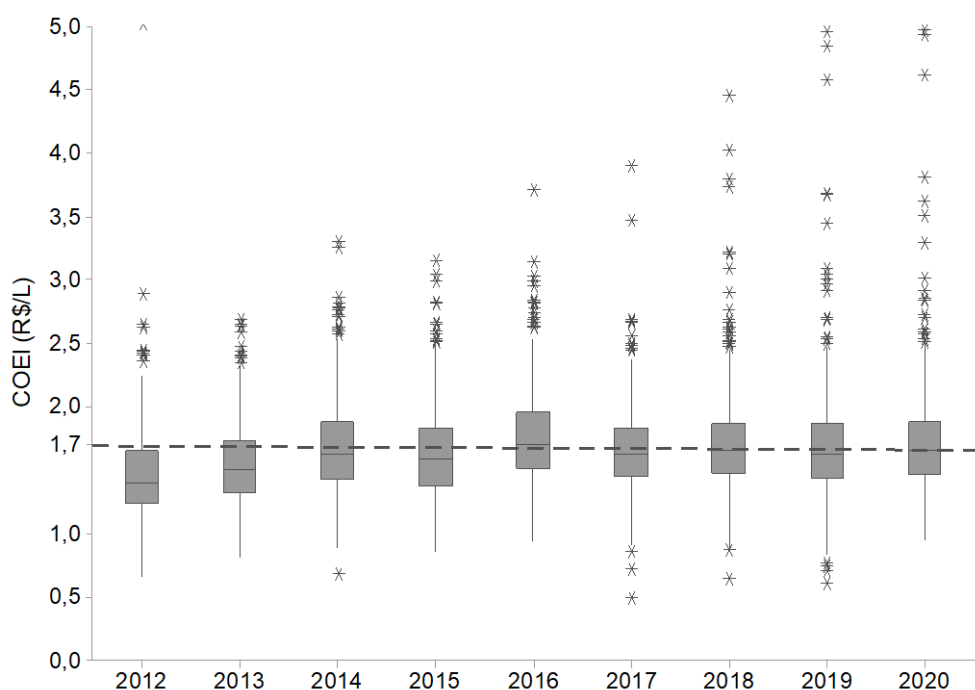


Figura 5.7 – Custo operacional efetivo por litro (R\$/L) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.

A produtividade, representada pela produção de leite por vaca (PRODvaca), é um importante indicador de eficiência de uma fazenda produtora de leite. Conforme apontado por Leite et al. (2022), a tendência global é o aumento da eficiência do rebanho por meio do aumento da produtividade, o que implica na redução do número de animais e conseqüentemente dos impactos ambientais.

A Figura 5.8 mostra a produtividade das fazendas produtoras de leite por ano, no período de 2012 a 2020. Apesar da média da produtividade (4,88 mil L/vaca/ano) estar aumentando no decorrer dos anos, o que indica uma melhora na eficiência da produção de leite, esta média ainda está abaixo da produtividade média do Brasil que foi, em 2022 de 5,3 mil L/vaca/ano. Para fins de comparação, a produtividade média da Argentina foi de 7,6 mil L/vaca/ano, do Uruguai foi de 3,1 mil L/vaca/ano (SILVA, 2023) e os Estados Unidos apresentou a maior produtividade média de leite, que foi 11 mil L/vaca/ano (USDA, 2022). Cerca de 46% das PRODvaca medidas foram maiores do que 4,88 mil L/vaca/ano, 36% foram maiores do que 5,3 mil L/vaca/ano,

7% foram maiores do que 7,6 mil L/vaca/ano, e apenas 0,2% foram maiores do que 11 mil L/vaca/ano.

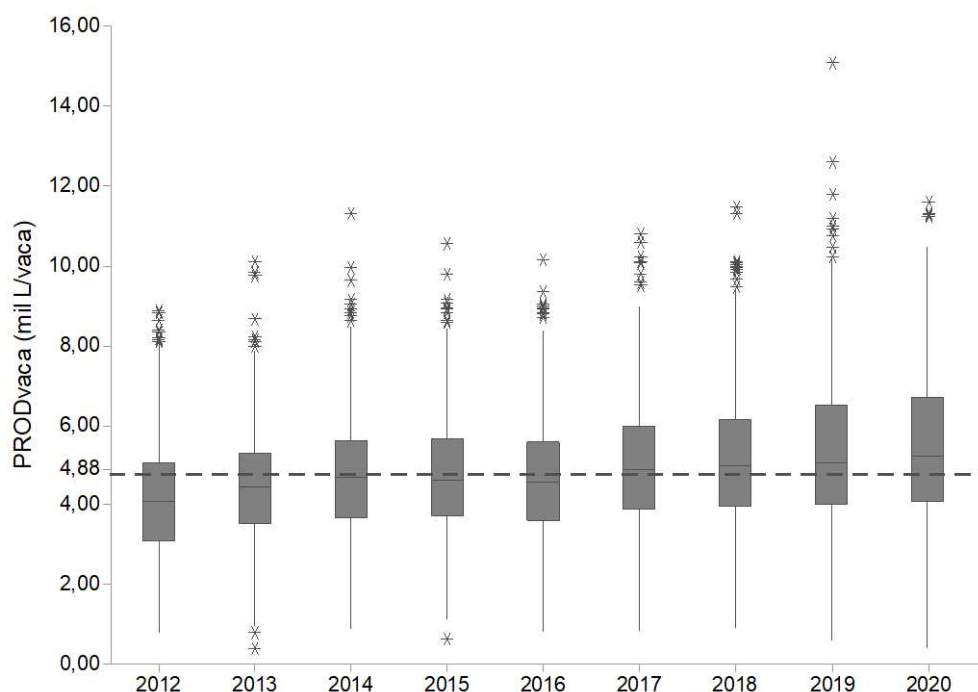


Figura 5.8 – Produção de leite por vaca (mil L/vaca) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.

Para Oliveira et al. (2007), a relação de vacas em lactação pelo total do rebanho é um índice importante de um sistema de produção de leite, sendo que maiores valores indicam maiores proporções de animais gerando receitas em relação ao número total do rebanho. De acordo com Ferreira (2012), a porcentagem ideal de vacas em lactação no rebanho em uma fazenda produtora de leite é de 83%, apesar de que acima de 75% seja considerado um bom índice.

A Figura 5.9 mostra a proporção de vacas em lactação pela quantidade total de vacas (LACvaca), que permaneceu com poucas alterações em torno da média que foi de 0,8. É importante destacar que as medidas da LACvaca inferiores a 0,7, ocorreram em 13% dos dados.

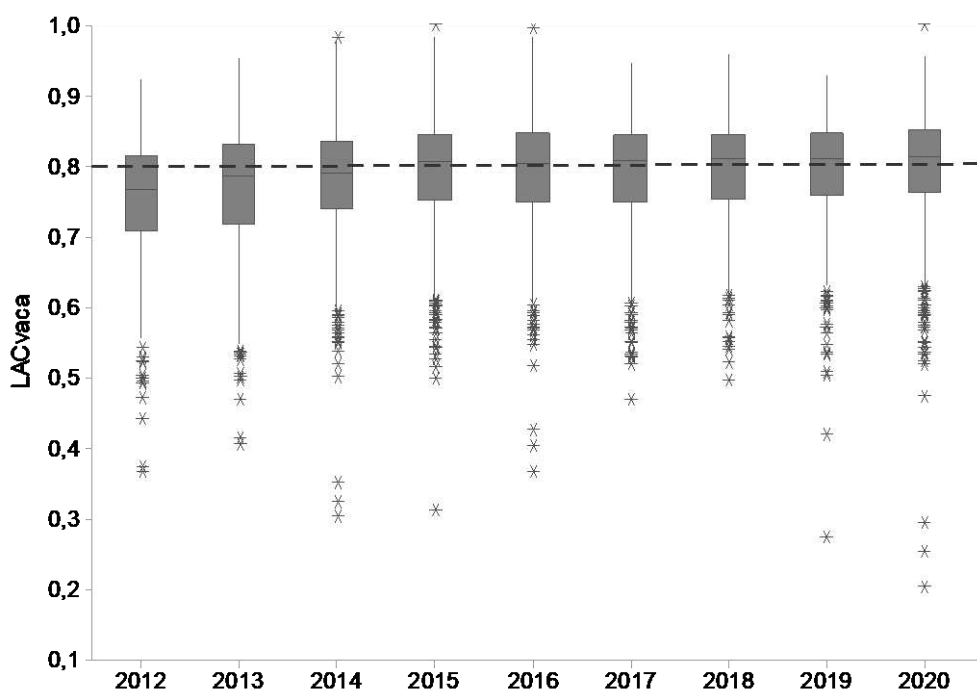


Figura 5.9 – Porcentagem das vacas em lactação por total de vacas das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.

De acordo com Ferreira (2012), a área por vaca (AREAvaca), também conhecida como a taxa de lotação das pastagens, depende do sistema de manejo, da fertilidade natural do solo, da adubação, do clima, entre outros fatores. A média brasileira da área por vaca é de cerca de 1 ha/vaca, sendo que as taxas de lotação superior a 1 ha/vaca indicam pastagens pouco produtivas ou degradadas, e inferiores a 0,25 ha/vaca são esperadas em pastagens adubadas e manejadas em pastejo rotativo.

Como cerca de 61% das AREAvaca medidas nas fazendas produtoras de leite foram inferiores a 1 ha/vaca, 39% são consideradas pastagens pouco produtivas. Apenas 2% das AREAvaca medidas foram inferiores a 0,25 ha/vaca (Figura 5.10).

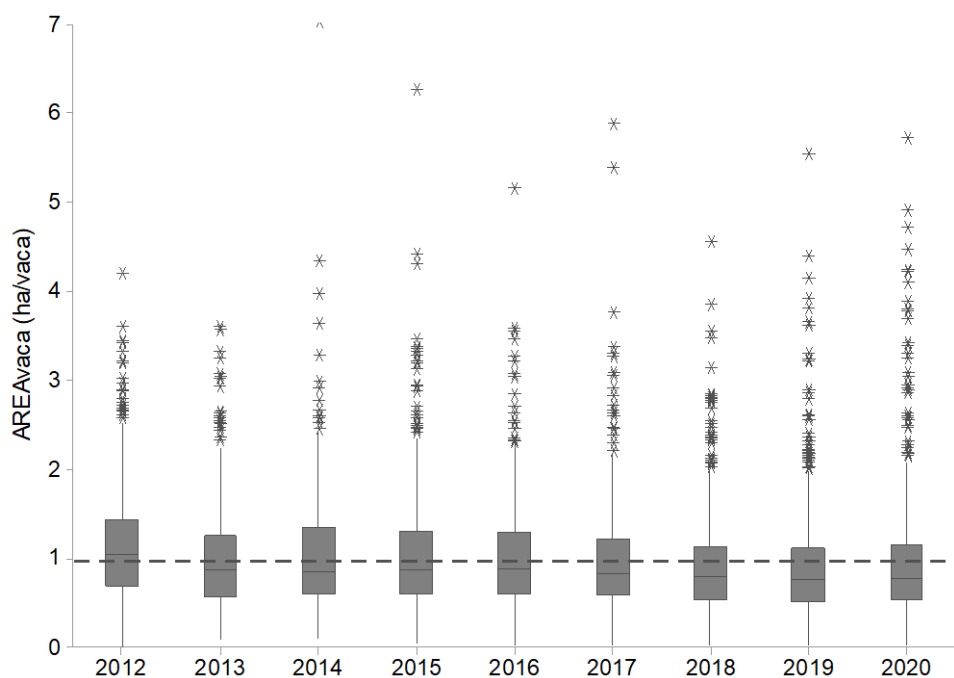


Figura 5.10 – Área por vaca (ha/vaca) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.

A Figura 5.11 mostra a área arrendada por vaca (AREAArvaca) das fazendas produtoras de leite no período de 2012 a 2020, das quais cerca de 33% possuem alguma área arrendada.

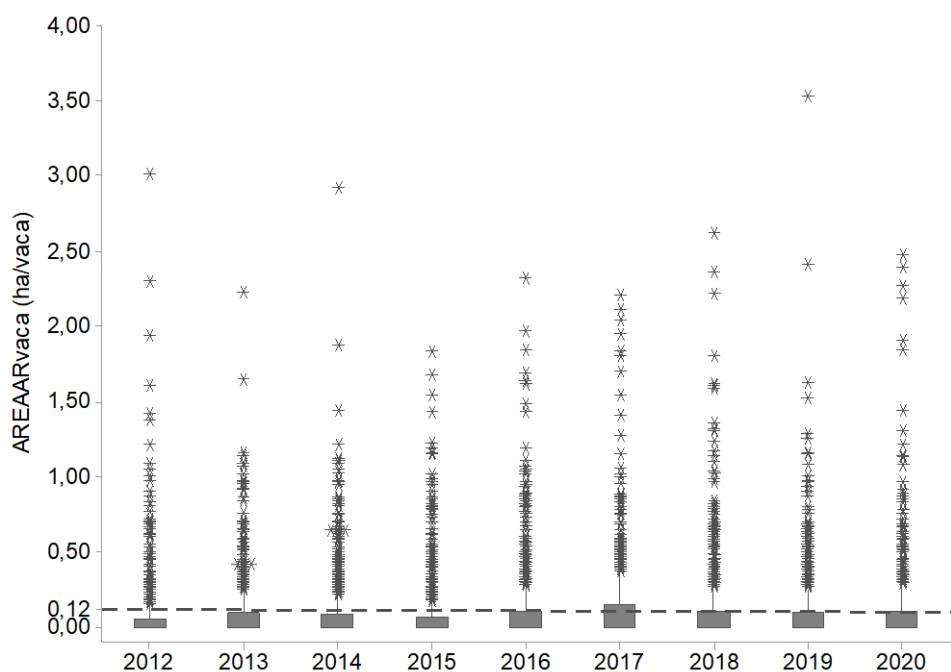


Figura 5.11 – Área arrendada por vaca (ha/vaca) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.

Os maiores gastos da produção do leite estão relacionados à dieta do rebanho, uma vez que, cerca de 61,7% dos gastos estão relacionados à alimentação concentrada e à produção e às compras de volumosos. O concentrado é geralmente composto pela mistura padrão de 70% de milho e 30% de farelo de soja. Por isso, muitos fatores contribuem para a variação do preço do concentrado, como por exemplo o incremento das exportações impulsionadas pela desvalorização cambial e pelo aumento da disputa por grão (LANA et al., 2021).

Conforme Figura 5.12 entre os anos de 2014 a 2019, é possível observar pouca variação do gasto com concentrado por vaca (CONCvaca), porém, em 2020 o CONCvaca apresentou um aumento médio de 14% em relação a 2019.

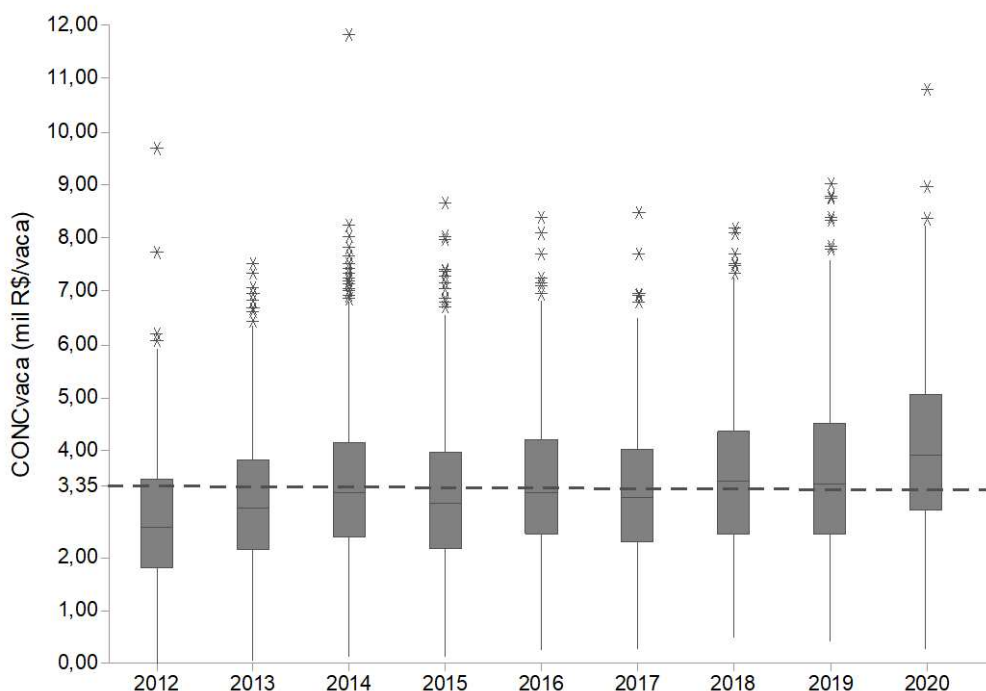


Figura 5.12 – Gasto com concentrado por vaca (mil R\$/vaca) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.

A Figura 5.13 mostra o gasto com volumoso por vaca por ano (VOLvaca), no período de 2012 a 2020. É possível observar que em 2012 e 2013 o VOLvaca foi relativamente baixo, sendo que a partir de 2014 o VOLvaca apresentou um crescimento.

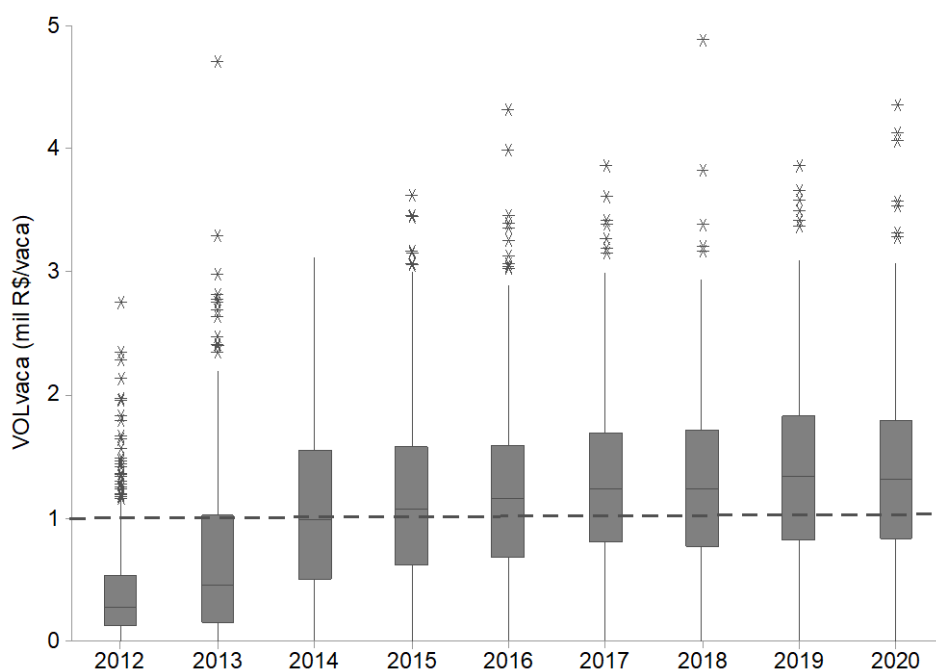


Figura 5.13 – Gasto com volumoso por vaca (mil R\$/vaca) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.

Com o desenvolvimento tecnológico do setor do leite no Brasil, cada vez mais, se intensificou a demanda por mão de obra qualificada. Porém, conforme Bassotto et al. (2022), a baixa qualificação da mão de obra no setor ainda é um sério problema que atinge não somente o processo de produção de leite da fazenda, mas toda a cadeia produtiva do leite no país. De acordo com Ferreira (2012), para estimular o aumento da produtividade dos funcionários algumas ações podem ser tomadas, como, por exemplo: treinamento e capacitação da mão de obra, mecanização da ordenha, racionalização do manejo, normatização e sistematização das tarefas, estabelecimento de bonificações por resultado, oferecer boas condições de trabalho e de respeito mútuo entre colaboradores e produtor, além da utilização de rebanho com boa produtividade.

De acordo com a Figura 5.14, é possível observar que o gasto com mão de obra por vaca (MDOvaca) permaneceu com poucas alterações em torno da média ao longo dos anos. Cerca de 7,5% do MDOvaca foi zero, o que indica que a fazenda não possui mão de obra contratada na sua propriedade.

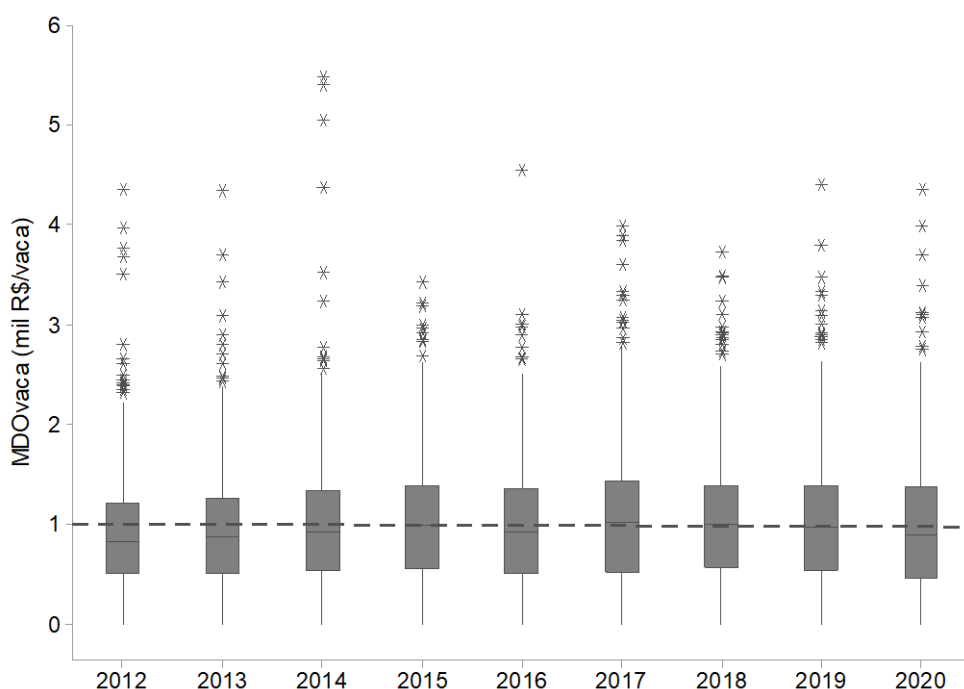


Figura 5.14 – Gasto com mão de obra contratada por vaca (mil R\$/vaca) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.

É comum, nas fazendas produtoras de leite, o uso de mão de obra familiar, onde os colaboradores responsáveis pela produção são os próprios membros da família. Conforme Stock et al. (2010), considera-se como remuneração da mão de obra familiar o valor pelo qual o sistema pagaria por mão de obra contratada, caso não houvesse a familiar. De acordo com Schu et al. (2022), o fato de a atividade leiteira proporcionar uma renda de curto prazo, e permitir aplicar tecnologia para o trabalho pelos investimentos serem duradouros, a atividade leiteira poderia ser um condicionante para a permanência dos jovens no campo. Porém, isso não ocorre, pois, um dos fatores que têm contribuído para a saída de produtores leiteiros é a falta de descendente ou desinteresse destes na atividade leiteira.

A Figura 5.15 mostra o gasto com mão de obra familiar por vaca (MDOFvaca) (mil R\$/vaca) que permaneceu com poucas alterações ao longo dos anos. Cerca de 9% do MDOFvaca foi zero, o que indica que a fazenda não faz o pagamento da mão de obra familiar, ou não possui mão de obra familiar na sua propriedade.

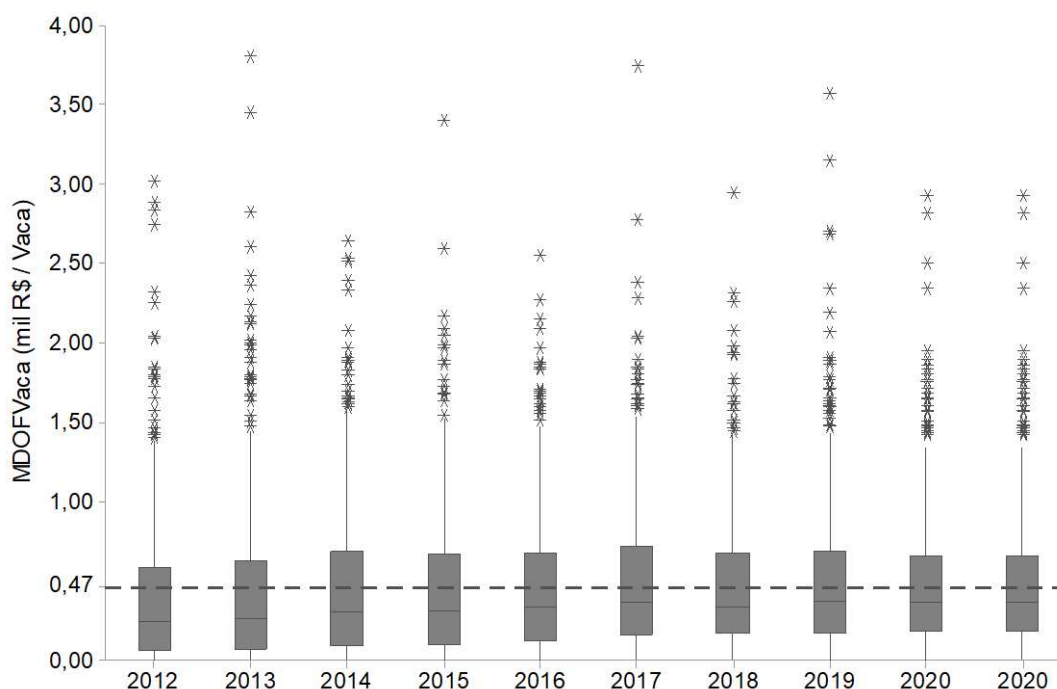


Figura 5.15 – Gasto com mão de obra familiar por vaca (mil R\$/vaca) das fazendas produtoras de leite nos anos de 2012 a 2020.

5.1.2. Estratificação por tamanho

A média do ROA das pequenas propriedades produtoras foi de 0,12, enquanto das médias e grandes propriedades foi de 0,09 (Figura 5.16). O ROA é uma equação da margem de lucro em relação aos ativos (estoque de capital), em que quanto maior a margem de lucro e/ou quanto menor o estoque de capital, maior o ROA. Como as pequenas fazendas possuem um estoque de capital menor, esta pode ser uma explicação para que o ROA das pequenas propriedades seja maior do que as grandes propriedades. Porém, a expectativa é que com um estoque de capital maior, as fazendas possuíssem também uma margem de lucro maior.

Também, as pequenas propriedades apresentaram uma variação do ROA maior do que as médias propriedades e as grandes propriedades produtoras de leite. No estrato das pequenas propriedades, assim como existiu uma fazenda que ganhou R\$ 0,90 para R\$ 1,00 em ativos, existiu uma fazenda que perdeu R\$ 0,38 para R\$ 1,00 em ativos. Já nas grandes propriedades, a variação do ROA foi de -0,20 a 0,35.

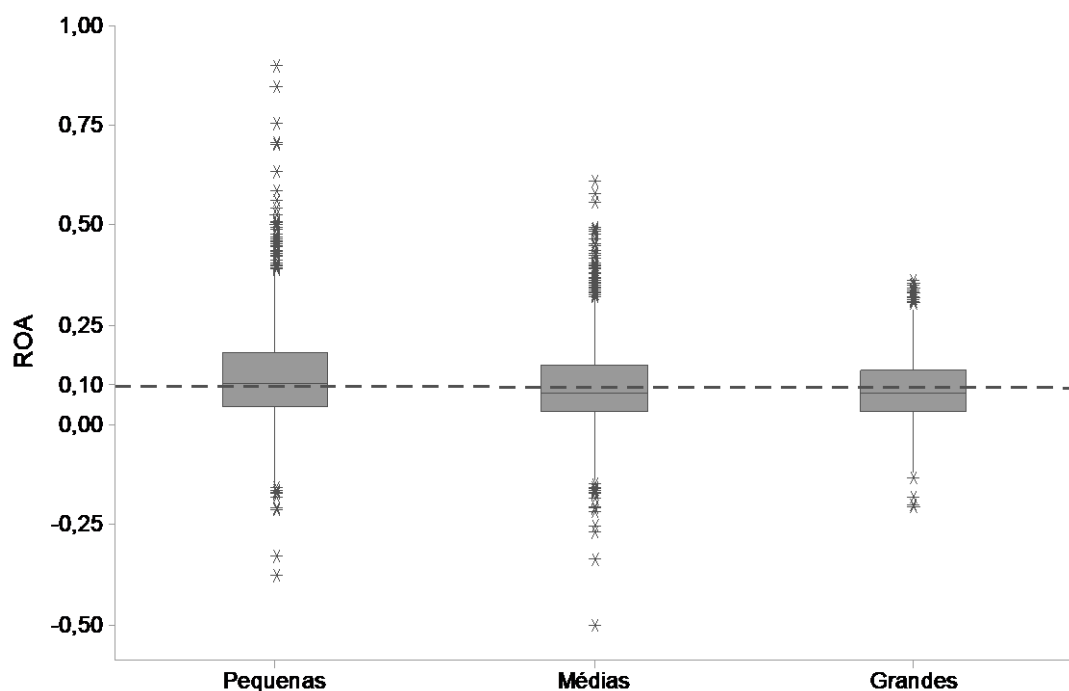


Figura 5.16 – ROA estratificado por tamanho.

As grandes propriedades recebem, em média, um preço maior por litro de leite vendido (Figura 5.17a). Apesar de o valor mínimo por litro de leite ser igual nos três estratos, o valor máximo pago por litro de leite é maior nas grandes propriedades que chegaram a receber até R\$ 2,46/L, enquanto nas pequenas propriedades o maior valor foi R\$ 2,25/L.

O custo operacional efetivo por litro de leite (COEI) das pequenas propriedades foi em média, menor do que as médias e grandes propriedades produtoras de leite (Figura 5.17b). Isto pode indicar, que apesar dos pequenos produtores possuírem uma estrutura e tamanho menor o seu COEI também é menor.

A variação do COEI entre os produtores das grandes propriedades foi maior, com diversas fazendas com COEI discrepantes. Apesar das grandes propriedades produtoras de leite usufruírem de um preço por litro de leite maior do que os pequenos produtores, estes apresentam também COEI maiores, o que pode prejudicar o ganho de escala e o aumento da margem de lucro dos grandes produtores de leite.

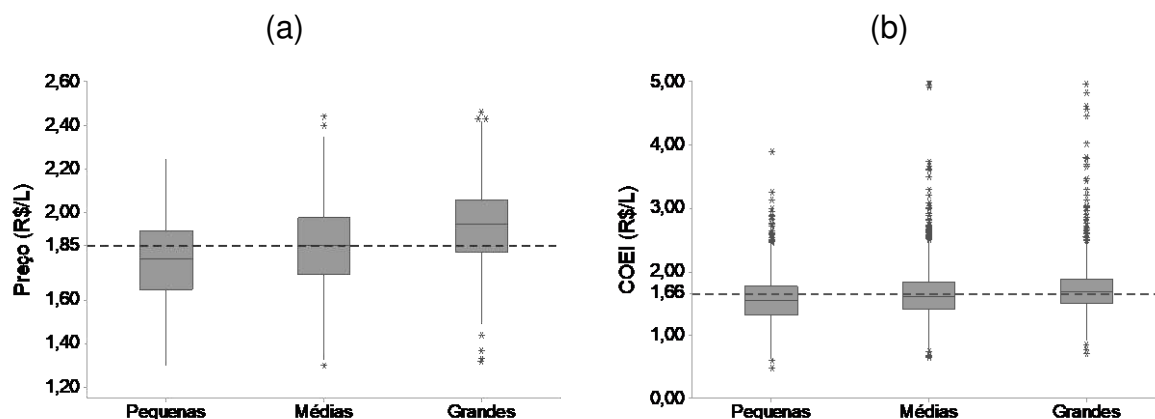


Figura 5.17 – Preço (a) e custo operacional efetivo por litro (b) estratificado por tamanho.

Enquanto a produção de leite por vaca (PRODvaca) das pequenas e médias propriedades são semelhantes, as grandes propriedades possuem uma PRODvaca média maior e com mais variação entre os produtores. A média da PRODvaca das grandes propriedades é 11% maior do que nas médias propriedades (Figura 5.18a).

Há pouca diferença entre o número de vacas em lactação por total de vacas (LACvacas) das pequenas, médias e grandes propriedades produtoras de leite (Figura 5.18b). Apesar das grandes propriedades possuírem maior quantidade de LACvacas medidos que foram discrepantes, cerca de 25% das pequenas, 25% das médias e apenas 4% das grandes propriedades apresentaram LACvacas abaixo de 75%.

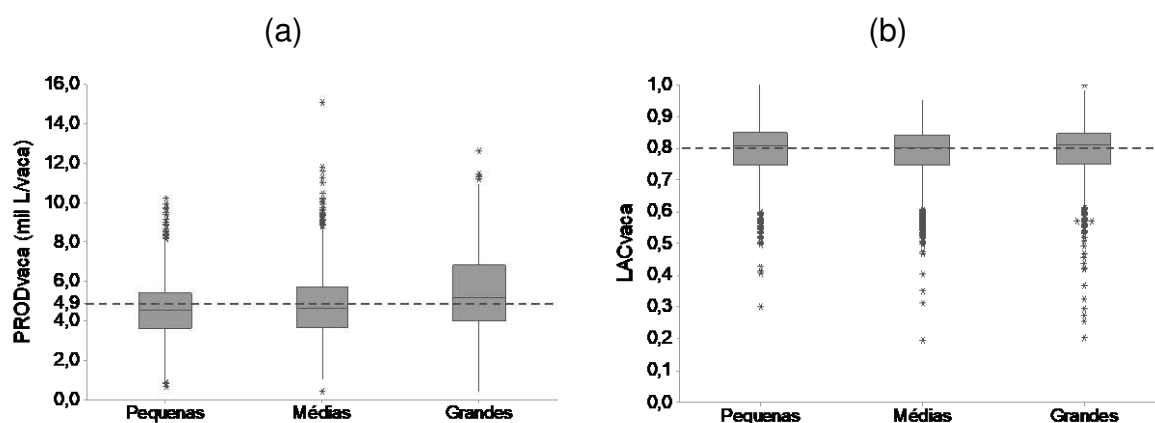


Figura 5.18 - Produção de leite por vaca (a) e número de vacas em lactação por total de vacas (b) estratificado por tamanho.

As médias da área por vaca (AREAvaca) das pequenas, médias e grandes propriedades apresentaram poucas diferenças em torno da média geral. As pequenas propriedades apresentaram uma variação menor do que as médias e grandes

propriedades, sendo que nas médias propriedades existem mais AREAvaca medidas que foram discrepantes, indicando que existem mais pastagens pouco produtivas (Figura 5.19a).

Cerca de 45% das pequenas, 30% das médias e 30% das grandes propriedades produtoras de leite possuem área arrendada. Os valores da área arrendada por vaca (AREEARvaca) das pequenas propriedades apresentam uma variação entre os produtores do que as médias e grandes propriedades (Figura 5.19b).

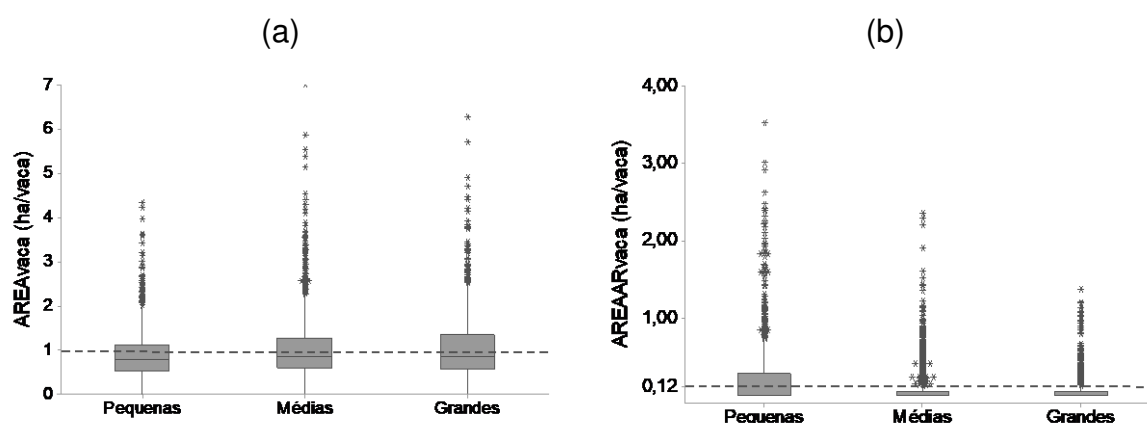


Figura 5.19 - Área por vaca (a) e área arrendada por vaca (b) estratificado por tamanho.

A média do gasto com concentrado por vaca (CONCvaca) das grandes propriedades foi 19% maior do que o gasto das médias propriedades e 28% maior do que o gasto das pequenas propriedades (Figura 5.20a). A média do gasto com volumoso por vaca (VOLvaca) das grandes propriedades foi 18% maior do que o gasto das médias propriedades e 24% maior do que o gasto das pequenas propriedades (Figura 5.20b).

As grandes propriedades gastam em média um valor maior com CONCvaca e VOLvaca do que as pequenas e médias propriedades. Além disso, nas pequenas e médias propriedades é possível identificar mais CONCvaca e VOLvaca medidos que foram discrepantes, o que pode indicar falta de padronização no processo de alimentação animal.

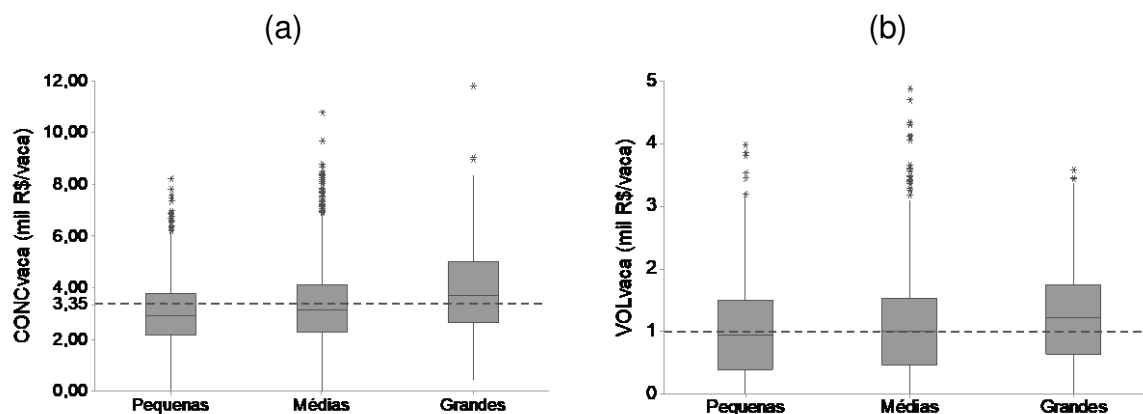


Figura 5.20 - Gasto com concentrado por vaca (a) e gasto com volumoso por vaca (b) estratificado por tamanho.

A média do gasto com mão de obra contratada por vaca (MDOvaca) das grandes propriedades foi 26% maior do que o MDOvaca das médias propriedades e 69% maior do que as pequenas propriedades (Figura 5.21a). Em cerca de 20% das pequenas, 4% das médias e 1% das grandes propriedades o MDOvaca medido foi zero.

Ao contrário do que ocorre com o MDOvaca, as grandes propriedades produtoras de leite, possuem um gasto com mão de obra familiar por vaca (MDOFvaca) menor do que as médias e pequenas propriedades (Figura 5.21b). Nas pequenas propriedades o MDOFvaca foi 81% maior do que nas médias propriedades e foi 217% maior do que as grandes propriedades. Em cerca de 6% das pequenas, 7% das médias e 16% das grandes propriedades produtoras de leite o MDOFvaca medido foi zero.

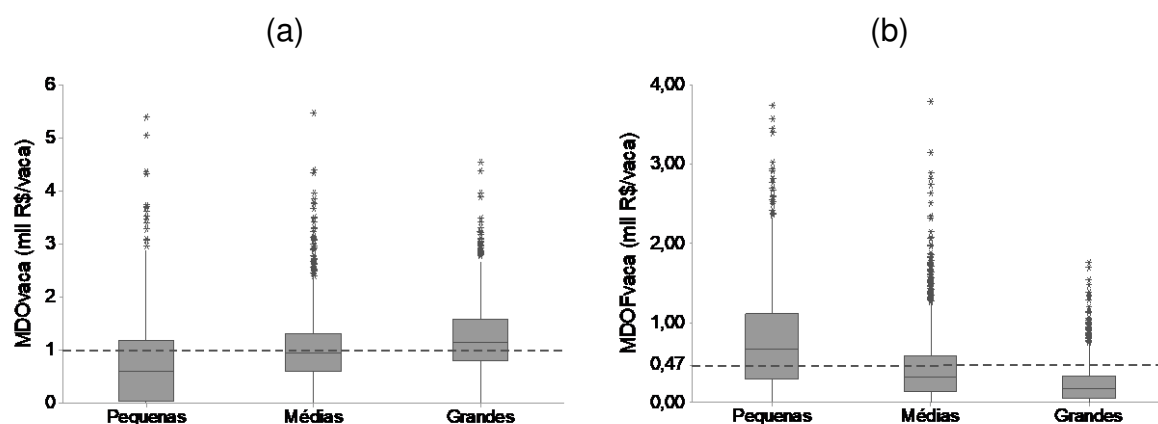


Figura 5.21 - Gasto com mão de obra contratada por vaca (a) e gasto com mão de obra familiar por vaca (b) estratificado por tamanho.

5.1.3. Estratificação por mesorregião

O ROA do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (TRI), Sul/Sudoeste de Minas (SUL), Zona da Mata (ZMA) e Oeste de Minas (OEM) apresentaram pouca diferença entre si e em torno da média geral de 0,10. No Vale do Rio Doce (VRD), a média do ROA foi 0,06, sendo que mais de 75% das fazendas apresentaram média do ROA inferior a 0,10. Além disso, no VRD, em cerca de 17% das fazendas o ROA foi menor do que zero (Figura 5.22).

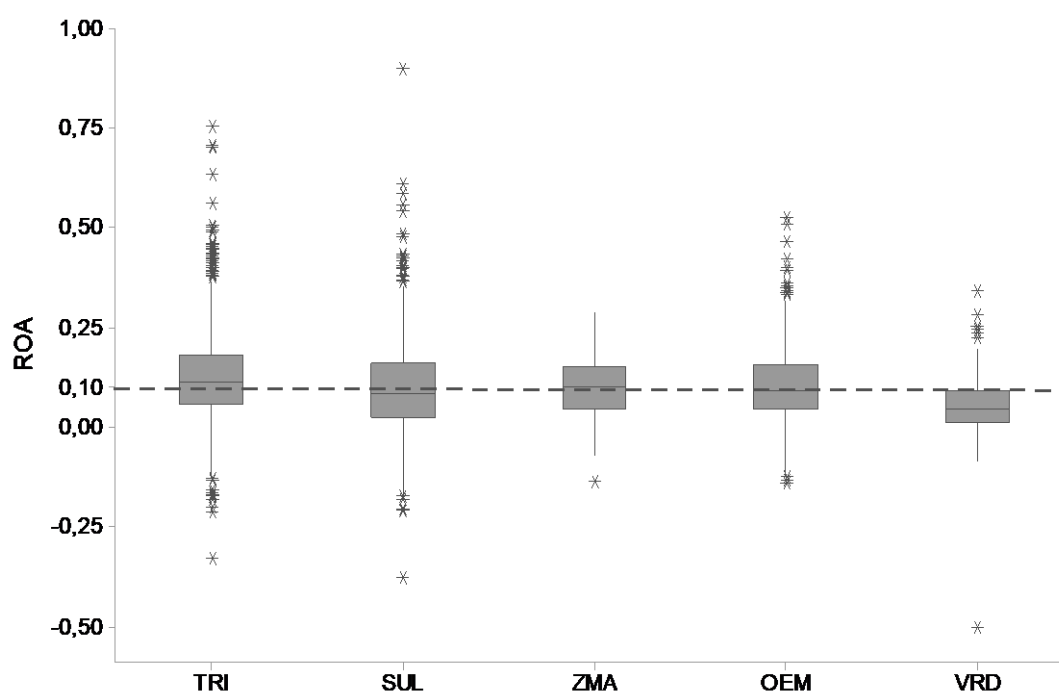


Figura 5.22 – ROA estratificado por mesorregião.

O preço por litro de leite (PRI) do TRI, ZMA e OEM se mantiveram em torno da média geral de R\$ 1,85/L. No SUL, a média do PRI foi maior (R\$ 1,91/L), sendo que mais de 66% dos PRI medidos foram superiores à média geral. No VRD, a média do PRI foi menor (R\$ 1,74), sendo que mais de 70% dos PRI medidos foram menores do que a média geral (Figura 5.23a).

Assim como ocorreu no PRI, o TRI, ZMA e OEM apresentaram média do COEI semelhantes, porém abaixo da média geral (R\$ 1,66/L). No SUL e no VRD a média do COEI foi maior do que a média geral. No SUL, como a média do PRI foi também maior do que a média geral, ainda é provável que a maior parte dos produtores

possuam margens de lucros positivas. Porém, no VRD, a média do PRI foi menor do que a média geral, e a média do COEI foi maior do que a média geral. Isto pode representar riscos para os produtores que possuem margens de lucros muito estreitas. No VRD, enquanto a média do PRI foi de R\$ 1,74/L, a média do COEI foi de R\$ 1,73/L (Figura 5.23b).

A variação do COEI entre os produtores dentro de cada mesorregião foi maior do que a variação do PRI, além disso foram detectadas várias medidas discrepantes do COEI nas mesorregiões (com exceção da ZMA). Por exemplo, no SUL o valor máximo do COEI foi 1,7 vezes maior do que o valor máximo do PRI (Figura 5.23b)

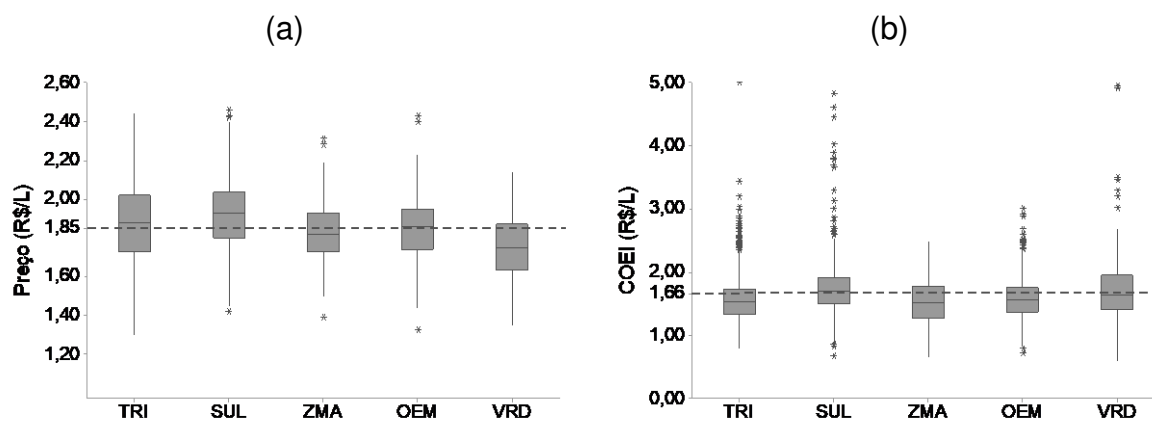


Figura 5.23 - Preço por litro de leite (a) e custo operacional efetivo por litro de leite (b) estratificado por mesorregião.

A produção por vaca (PRODvaca) no TRI, ZMA e OEM se mantiveram em torno da média geral de 4,9 mil L/vaca. No SUL a média da PRODvaca foi maior (5,8 mil L/vaca), sendo que mais de 66% das PRODvacas medidas foram superiores à média geral. No VRD, a média da PRODvaca foi a menor (3,2 mil L/vaca), sendo que mais de 90% das PRODvacas medidas foram abaixo da média geral (Figura 5.24a).

O número de vacas em lactação pelo total de vacas (LACvacas) do TRI, SUL, ZMA e OEM se mantiveram em torno da média geral de 0,8. Apenas no VRD, a média do LACvacas foi de 0,7, sendo que apenas 31% dos LACvacas medidos foram acima de 0,75 que é considerado um bom índice (Figura 5.24b).

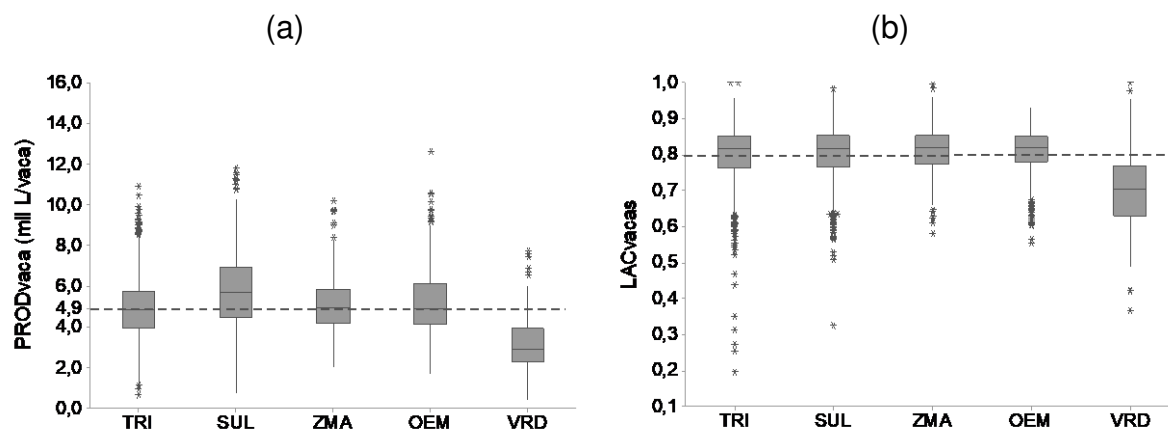


Figura 5.24 - Produção por vaca (a) e número de vacas em lactação por total de vacas (b) estratificado por mesorregião.

A média da área por vaca (AREAvaca) da ZMA foi igual à média geral (1 ha/vaca). No TRI, SUL e OEM, a média da AREAvaca foi menor o que representa uma melhor taxa de lotação das pastagens. Apenas no VRD, a média da AREAvaca foi maior (1,8 ha/vaca), o que pode ser classificado, conforme Ferreira (2012), como área pouco produtiva (Figura 5.25a).

A Figura 5.25b mostra a área arrendada por vaca (AREARvaca) estratificada por mesoregião. No TRI cerca de 33% das fazendas possuem área arrendada, no SUL 45%, na ZMA 36%, OEM 39% e VRD 23%.

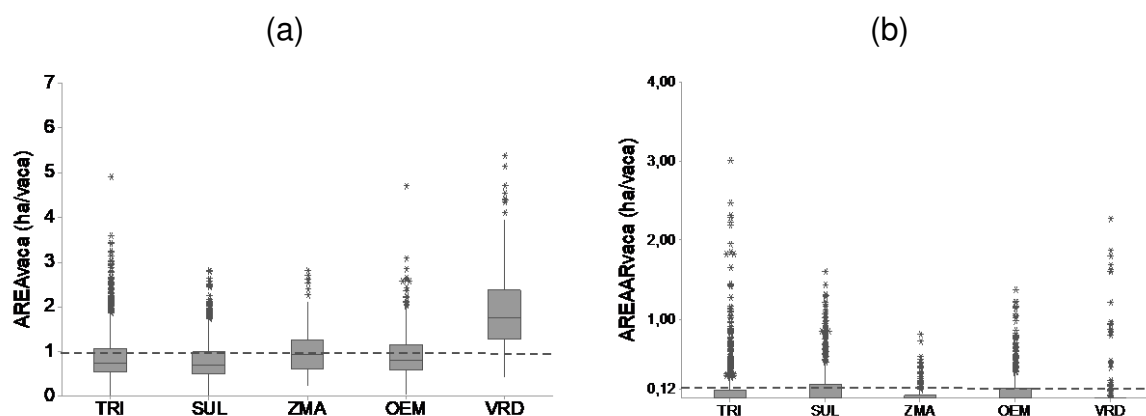


Figura 5.25 – Área por vaca (a) e área arrendada por vaca (b) estratificado por mesoregião.

O TRI, ZMA e OEM apresentaram médias do gasto com concentrado por vaca (CONCvaca), aproximadamente igual à média geral. O SUL apresentou média de CONCvaca de 4,04 mil R\$/vaca que é 20% maior do que a média geral. Já o VRD

apresentou média de CONCvaca de 1,92 mil R\$/vaca que é 43% menor do que a média geral (Figura 5.26a).

O TRI e OEM apresentaram médias dos gastos com volumoso por vaca (VOLvaca), aproximadamente igual a média geral. A média do VOLvaca no SUL e na ZMA foram aproximadamente 36% maiores do que a média geral. O VRD apresentou menor média de VOLvaca que foi 54% menor do que a média geral (Figura 5.26a).

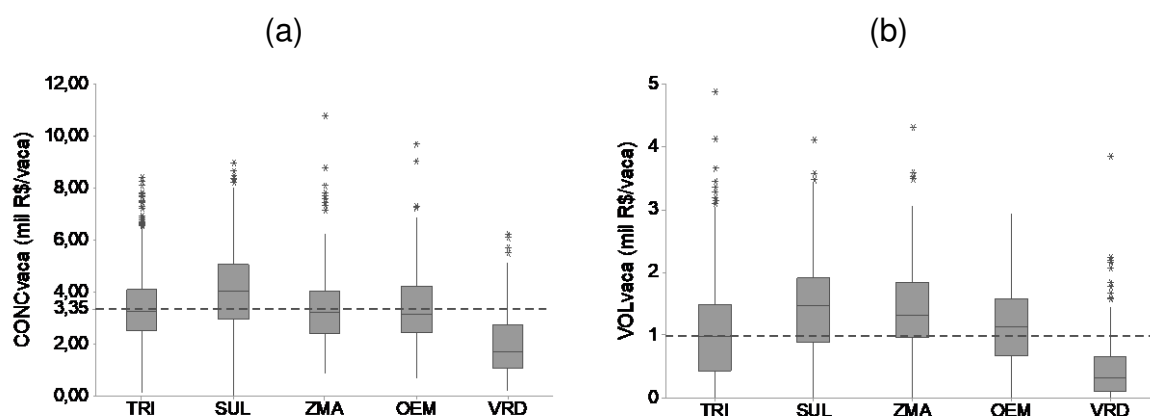


Figura 5.26 - Gasto com concentrado por vaca (a) e gasto com volumoso por vaca estratificado por mesoregião.

O ZMA, OEM e VRD apresentaram médias dos gastos com mão de obra contratado por vaca (MDOvaca) aproximadamente igual à média geral. No TRI, a média do MDOvaca foi 30% menor do que a média geral, e no SUL a média foi 35% maior do que a média geral (Figura 5.27a). Não possuem MDOvaca cerca de 14% das fazendas do TRI, 3,5% do SUL, 4% do ZMA, 7% do OEM e 3% do VRD.

O TRI apresentou média do gasto com mão de obra familiar por vaca (MDOFvaca) aproximadamente igual à média geral. Já a ZMA e o OEM apresentaram média do MDOFvaca cerca de 32% maiores do que a média geral. No SUL e no VRD o MDOFvaca foi cerca de 19% menor do que a média geral. Não possuem MDOFvaca, cerca de 6% das fazendas do TRI, 15% do SUL, 4% do ZMA, 3% do OEM e 11% do VRD.

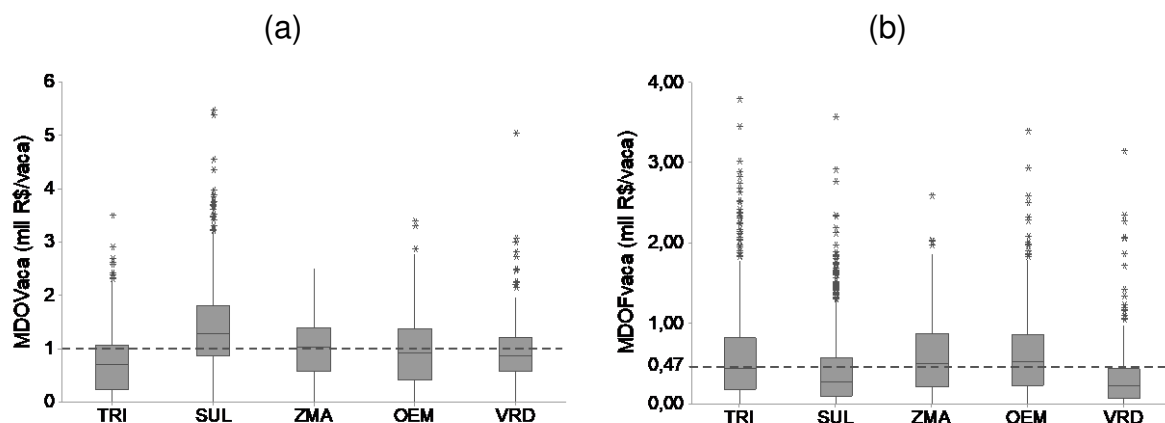


Figura 5.27 - Gasto com mão de obra contratada por vaca (a) e gasto com mão de obra familiar por vaca (b) estratificado por mesorregião.

As mesorregiões com maiores diferenças em relação às variáveis analisadas foram o SUL e VRD. O SUL apresentou maior média no PRI, COEI, PRODvaca, CONCvaca, VOLvaca e MDOvaca. Em contrapartida, o VRD apresentou menor média no ROA, PRI, PRODvaca, LACvaca, CONCvaca, VOLvaca e MDOFvaca.

5.2. Regressão com dados em painel

5.2.1. Geral

O modelo de regressão com dados em painel selecionado para explicar o ROA e, portanto, que melhor se ajustou aos dados, de acordo com o teste de Hausman, foi o modelo de efeitos fixos. O teste de Breusch-Pagan apontou heterocedasticidade nos resíduos, e o teste de Breusch-Godfrey apontou correlação serial. Desta forma, foi utilizada a matriz de variâncias e covariâncias generalizada, para estimar os parâmetros.

A Tabela 5.1 apresenta as estimativas dos coeficientes da regressão com dados em painel de efeitos fixos, cujo coeficiente de determinação (R^2) foi de 49%. Além disso, mostra a hierarquização das importâncias relativas (IR) das variáveis explicativas.

Tabela 5.1 – Estimativa dos coeficientes e dos erros padrão do modelo de regressão com dados em painel de efeitos fixos e respectivas importâncias relativas

Variáveis	Coeficientes (erros-padrão)	IR
PRI	0,2016 ** (0,0062)	4
COEI	-0,0593 ** (0,0195)	2
PRODvaca	0,0457 ** (0,0046)	1
LACvaca	0,0156 (0,0231)	
AREAvaca	-0,0157 ** (0,0041)	7
AREARvaca	-0,0082 (0,010)	
CONCvaca	-0,0249 ** (0,0036)	3
VOLvaca	-0,0342 ** (0,0042)	5
MDOvaca	-0,0244 ** (0,0068)	6
MDOFvaca	-0,002 (0,0042)	

Nota: Os termos entre parênteses são os erros-padrão; ** significativo a 0,01 pelo teste t de Student.

O ROA aumentou ($P < 0,01$), em ordem de importância, pelo aumento da produção de leite por vaca (PRODvaca), pelas diminuições do custo operacional efetivo por litro de leite (COEI) e do gasto com concentrado por vaca (CONCvaca), pelo aumento do preço por litro de leite (PRI) e pelas diminuições do gasto com volumoso por vaca (VOLvaca), gasto com mão de obra contratada por vaca (MDOvaca) e da área por vaca (AREAvaca) (Tabela 5.1).

O ROA aumentou em função do aumento do PRI e da PRODvaca. O PRI e a PRODvaca interferem na receita (ganho) da fazenda produtora de leite, e por isso, têm o potencial de aumentar o lucro, interferindo positivamente no ROA.

A PRODvaca foi a variável explicativa que mais interferiu no ROA. Como se observa uma tendência de aumento da PRODvaca no decorrer dos anos (Figura 5.8), há também uma expectativa de aumento do ROA.

O COEI reduz o lucro da fazenda, e por isso, quanto maior o COEI menor será o ROA. Também, o COEI foi a variável que mais interferiu negativamente no ROA. A partir de 2017, a média e a variação do COEI aumentaram (Figura 5.7), o que pode indicar uma necessidade de padronização e de ações estratégicas para reduzir o COEI.

A variável AREAvaca interferiu negativamente no ROA, apontando que quanto maior a AREAvaca, menor será o ROA. Uma maior AREAvaca pode indicar uma falta de eficiência no uso da terra, aumentando o ativo da fazenda e, conseqüentemente, reduzindo o ROA.

O CONCVaca, VOLvaca e MDOvaca interferiram negativamente no ROA, apontando que quanto maior o valor desses gastos, maior será o custo total da fazenda, o que implicará na redução do lucro e, conseqüentemente, na redução do ROA.

O LACvacas não influenciou ($P > 0,05$) no ROA. Assim como ocorreu no estudo realizado por Oliveira et al. (2007), apesar da larga adoção da relação de vacas em lactação pelo total de vacas como critério de monitoramento do sistema de produção, o seu estudo também demonstrou que não houve relação dela com o desempenho econômico da atividade leiteira. Além disso, a área arrendada por vaca (AREAARvaca) e o gasto com mão de obra familiar por vaca (MDOFvaca) também não influenciaram ($P > 0,05$) no ROA.

5.2.2. Estratificação por tamanho

O modelo de regressão com dados em painel selecionado para explicar o ROA que melhor se ajustou aos dados das pequenas, médias e grandes propriedades, de acordo com o teste de Hausman, foi o modelo de efeitos fixos. O teste de Breusch-Pagan apontou heterocedasticidade nos resíduos dos três estratos, e o teste de Breusch-Godfrey apontou correlação serial para as pequenas e médias propriedades. Desta forma, foi utilizada a matriz de variâncias e covariâncias generalizada, para estimar os parâmetros dos modelos. Os coeficientes de determinações (R^2) das pequenas, médias e grandes propriedades foram de 49%, 51% e 53%, respectivamente.

A Tabela 5.2 apresenta as estimativas dos coeficientes da regressão com dados em painel de efeitos fixos, para as pequenas, médias e grandes propriedades, bem como mostra a hierarquização da importância relativa (IR) das variáveis explicativas.

Tabela 5.2 – Estimativas dos coeficientes e dos erros-padrão dos modelos de regressão com dados em painel de efeitos fixos e importâncias relativas para as pequenas, médias e grandes propriedades

Variáveis	Pequenas		Médias		Grandes	
	Coeficientes (erro-padrão)	IR	Coeficientes (erro-padrão)	IR	Coeficientes (erro-padrão)	IR
PRI	0,2348 ** (0,0129)	3	0,1841 ** (0,0078)	4	0,2051 ** (0,0134)	3
COEI	-0,1119 ** (0,0313)	2	-0,0483 * (0,0228)	2	-0,0480 (0,0343)	
PRODvaca	0,0399 ** (0,0076)	1	0,0478 ** (0,0059)	1	0,0435 ** (0,0074)	1
LACvaca	0,1184 * (0,0459)	7	-0,0026 (0,0281)		-0,0281 (0,0423)	
AREAvaca	-0,0391 ** (0,0094)	5	-0,0101 (0,0058)		-0,0130 * (0,0063)	6
AREARvaca	-0,0017 (0,0137)		0,0304 (0,0209)		-0,0011 (0,0321)	
CONCvaca	-0,0247 ** (0,0064)	4	-0,0251 ** (0,0047)	3	-0,0230** (0,0052)	2
VOLvaca	-0,0345 ** (0,0075)	6	-0,0335 ** (0,0050)	5	-0,0283 ** (0,0070)	5
MDOvaca	-0,0105 (0,0107)		-0,0294 ** (0,0089)	6	-0,0343 ** (0,0115)	4
MDOFvaca	0,0068 (0,0068)		-0,0016 (0,0052)		-0,0031 (0,0116)	

Nota: Os termos entre parênteses são os erros padrão; ** significativo a 0,01, * significativo a 0,05 pelo teste t de Student.

O preço por litro de leite (PRI) interferiu ($P < 0,01$) positivamente nos três estratos, sendo que quanto maior o PRI, maior foi o ROA. Além disso, o ROA das pequenas propriedades foi mais afetado por uma variação no PRI, comparada às médias e grandes propriedades. Apesar da importância do preço para as pequenas propriedades, estas recebem em média um PRI 9% menor do que as grandes propriedades.

O ROA diminuiu em função do aumento do custo operacional efetivo por litro de leite (COEI) nas pequenas ($P < 0,01$) e médias ($P < 0,05$) propriedades. Além disso, o COEI foi a variável explicativa que mais interferiu negativamente no ROA das pequenas e médias propriedades produtoras de leite. O ROA das pequenas propriedades é mais afetado por uma variação do COEI, do que as médias propriedades. As pequenas propriedades apresentam média do COEI 6% menor do que o das médias propriedades.

A produção por vaca (PRODvaca) foi a variável mais importante para explicar ($P < 0,01$) o ROA nos três estratos, indicando que quanto maior a PRODvaca maior foi o ROA. O ROA das médias propriedades é mais afetado por uma variação do PRODvaca, comparada às pequenas e grandes propriedades. As pequenas e médias propriedades apresentaram médias de PRODvaca menores do que a média geral. O que pode indicar um potencial de melhoria dessa variável para aumentar o ROA. Já as grandes propriedades, apesar da média da PRODvaca ser 11% maior do que a média geral, esta média se equipara à média de PRODvaca do Brasil.

A área por vaca (AREAvaca) interferiu negativamente para explicar o ROA nas pequenas ($P < 0,01$) e grandes ($P < 0,05$) propriedades, indicando que quanto maior a AREAvaca, menor foi o ROA. O ROA das pequenas propriedades é mais afetado por uma variação da AREAvaca, comparada às médias e grandes propriedades.

Para as pequenas, médias e grandes propriedades, quanto maior o gasto com concentrado por vaca (CONCvaca) menor foi o ROA ($P < 0,01$). O ROA das médias propriedades é mais afetado por uma variação no CONCvaca. Para as grandes propriedades produtoras de leite, o CONCvaca foi a variável explicativa que mais interferiu negativamente no ROA. A média do CONCvaca das grandes propriedades foi 16% maior do que a média geral.

Os gastos com volumosos por vaca (VOLvaca) interferiu negativamente nos três estratos ($P < 0,01$), indicando que quanto maior o VOLvaca, menor foi o ROA. O ROA das pequenas propriedades é mais afetado por uma variação do VOLvaca comparado aos das médias e grandes propriedades.

Para as médias e grandes propriedades, quanto maior o MDOvaca, menor foi o ROA. O ROA das grandes propriedades são mais afetadas por uma variação na MDOvaca do que as médias propriedades.

As grandes propriedades produtoras de leite, por terem um estoque de capital maior, buscam compensar os custos mais altos relacionados ao investimento com um

aumento na produção e/ou na redução nos custos de mão de obra (GARGIULO et al., 2022). Isto ocorre também com os produtores, já que a PRODvaca das grandes propriedades são 11% maior do que as pequenas propriedades produtoras de leite. Além disso, para explicar o ROA, o MDOvaca interferiu ($P < 0,01$) nas grandes propriedades e não interferiu ($P > 0,05$) nas pequenas propriedades, ou seja, nas grandes propriedades uma redução no MDOvaca, aumenta o ROA.

O LACvacas interferiu ($P < 0,05$) positivamente apenas para as pequenas propriedades, sendo que um aumento no LACvacas implicou em um aumento no ROA. A área arrendada por vaca (AREAARvaca) e a mão de obra familiar por vaca (MDOFvaca) não alteraram ($P > 0,05$) o ROA em nenhum dos três estratos.

5.2.3. Estratificação por mesorregião

O modelo de regressão de dados em painel selecionado para explicar o ROA que melhor se ajustou aos dados das mesorregiões selecionadas neste estudo, de acordo com o teste de Hausman, foi o modelo de efeitos fixos. A Tabela 5.3 mostra um resumo com os modelos de regressão com dados em painel selecionados, com os coeficientes de determinação, e os resultados dos testes de heterocedasticidade e correlação serial para cada mesorregião.

O teste de Breusch-Pagan apontou heterocedasticidade nos resíduos do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba (TRI), Sul/Sudoeste de Minas (SUL), Oeste de Minas (OEM) e Vale do Rio Doce (VRD). A Zona da Mata (ZMA) não apontou heterocedasticidade, sendo que conforme Gujarati e Porter (2011), uma das fontes de heterocedasticidade é a presença de dados discrepantes. Conforme pode ser observado na análise descritiva por mesorregião, de modo geral, a ZMA possui menos dados discrepantes no ROA e nas variáveis explicativas do que as demais mesorregiões.

O teste de Breusch-Godfrey apontou correlação serial para o TRI, SUL e VRD. Conforme Cabral e Gonçalves (2011), a correlação serial ocorre com dados em painel já que existe uma repetição implícita nos tempos de observações de cada indivíduo. Desta forma, na ZMA e no OEM podem ter havido menos repetições das coletas de dados das fazendas ao longo dos anos.

Tabela 5.3 – Descrição dos modelos de regressão de dados em painel por mesorregião

	TRI	SUL	ZMA	OEM	VRD
Modelo de regressão de dados	Efeitos fixos	Efeitos fixos	Efeitos fixos	Efeitos fixos	Efeitos fixos
Coefficiente de determinação (R ²)	48%	58%	55%	55%	54%
Heterocedasticidade	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Correlação serial	Sim	Sim	Não	Não	Sim

A Tabela 5.4 apresenta as estimativas dos coeficientes da regressão com dados em painel de efeitos fixos, para o TRI, SUL, ZMA, OEM e VRD. Além disso, mostra a hierarquização da importância relativa (IR) das variáveis explicativas.

Tabela 5.4 – Estimativa dos coeficientes e dos erros-padrão dos modelos de regressão de dados em painel e importâncias relativas para diferentes regiões de MG

Variáveis	TRI		SUL		ZMA		OEM		VRD	
	Coefficiente (erro-padrão)	IR	Coefficiente (erro-padrão)	IR	Coefficiente (erro-padrão)	IR	Coefficiente (erro-padrão)	IR	Coefficiente (erro-padrão)	IR
PRI	0,1968** (0,0096)	4	0,2488** (0,0132)	3	0,2099** (0,0255)	3	0,1984** (0,0158)	3	0,1445** (0,0228)	3
COEI	-0,0353 (0,0351)		-0,1354** (0,0392)	1	-0,1163** (0,0334)	1	-0,1206** (0,0251)	2	-0,0246 (0,0169)	
PRODvaca	0,0567** (0,0089)	1	0,0380** (0,0071)	2	0,0233* (0,0097)	2	0,0311** (0,0079)	1	0,0474** (0,0096)	1
LACvaca	0,0344 (0,0380)		0,0263 (0,0547)		-0,0702 (0,0716)		0,0104 (0,0710)		-0,0088 (0,0479)	
AREAvaca	-0,0273** (0,0075)	5	-0,0314** (0,0110)	6	0,0228 (0,0163)		-0,0362* (0,0144)	4	-0,0178* (0,0090)	4
AREARvaca	-0,0389 (0,0254)		0,0256 (0,0192)		-0,0357 (0,0442)		0,0542 (0,0381)		0,1761 (0,1062)	
CONCvaca	-0,0359** (0,0073)	2	-0,0165** (0,0059)	4	-0,0157* (0,0071)	4	-0,0097 (0,0060)		-0,0206* (0,0085)	2
VOLvaca	-0,0478** (0,0083)	3	-0,0229** (0,0069)	5	-0,0154 (0,0087)		-0,0233** (0,0071)	5	-0,0214* (0,0103)	5
MDOvaca	-0,0345** (0,0127)	6	-0,0076 (0,0121)		-0,0338* (0,0171)	5	-0,0099 (0,0102)		-0,0148 (0,0169)	
MDOFvaca	0,0086 (0,0061)		-0,0082 (0,0115)		-0,0186 (0,0129)		-0,0140 (0,0154)		0,0079 (0,0187)	

Nota: Os termos entre parênteses são os erros padrão; ** significativo a 0,01, * significativo a 0,05 pelo teste t de Student.

No TRI, o ROA aumentou ($P < 0,01$), em ordem de importância, pelo aumento da PRODvaca, pelas diminuições do CONCvaca e do VOLvaca, pelo aumento do PRI e pelas diminuições da AREAvaca e da MDOvaca.

No SUL, o ROA aumentou ($P < 0,01$), em ordem de importância, pela diminuição do COEI, pelos aumentos da PRODvaca e do PRI, pelas diminuições do CONCvaca, do VOLvaca e da AREAvaca.

Na ZMA, o ROA aumentou ($P < 0,05$), em ordem de importância, pela diminuição do COEI, pelos aumentos da PRODvaca e do PRI, e pelas diminuições do CONCvaca e do MDOvaca.

No OEM, o ROA aumentou ($P < 0,05$), em ordem de importância, pelo aumento da PRODvaca, pela diminuição do COEI, pelo aumento do PRI, e pelas diminuições da AREAvaca e do VOLvaca.

No VRD, o ROA aumentou ($P < 0,05$), em ordem de importância, pelo aumento da PRODvaca, pela diminuição do CONCvaca, pelo aumento do PRI, e pelas diminuições da AREAvaca e do VOLvaca.

O preço por litro de leite (PRI) interferiu ($P < 0,01$) positivamente nas cinco mesorregiões, sendo que quanto maior o PRI, maior foi o ROA. Uma variação do PRI afeta mais o ROA das fazendas do SUL, e afeta menos o ROA das fazendas do VRD. Dentre as mesorregiões, o SUL possui maior média do PRI, e o VRD menor média do PRI.

O COEI afetou ($P < 0,01$) negativamente o ROA das fazendas do SUL, ZMA e OEM, sendo que quanto maior o COEI, menor foi o ROA. No SUL, o ROA é mais afetado por uma variação no COEI, do que nas demais mesorregiões. O COEI foi a variável mais importante para explicar o ROA das fazendas do SUL e ZMA. A média do COEI na ZMA foi menor e no SUL foi maior, o que pode indicar um potencial em se reduzir o COEI para aumentar o ROA no SUL.

A produção de leite por vaca (PRODvaca) interferiu ($P < 0,01$) positivamente o ROA em todas as mesorregiões, sendo que quanto maior a PRODvaca maior foi o ROA. No TRI, o ROA é mais afetado por uma variação na PRODvaca, do que nas demais mesorregiões. No TRI, OEM e VRD, a PRODvaca foi a variável explicativa mais importante para explicar o ROA.

O LACvaca, a AREAARvaca e a MDOFvaca não explicam ($P > 0,05$) o ROA em nenhum dos modelos de regressão das mesorregiões.

5.2.4. Aplicação do modelo

A Fazenda A e a Fazenda B são classificadas como média propriedade (conforme estratificação deste estudo), localizadas no Triângulo Mineiro. A Figura 5.28 mostra o ROA da Fazenda A e da Fazenda B e com destaque também a média geral do ROA. O ROA da Fazenda A foi negativo e o ROA da Fazenda B foi maior do que a média em todos os anos de 2014 a 2020.

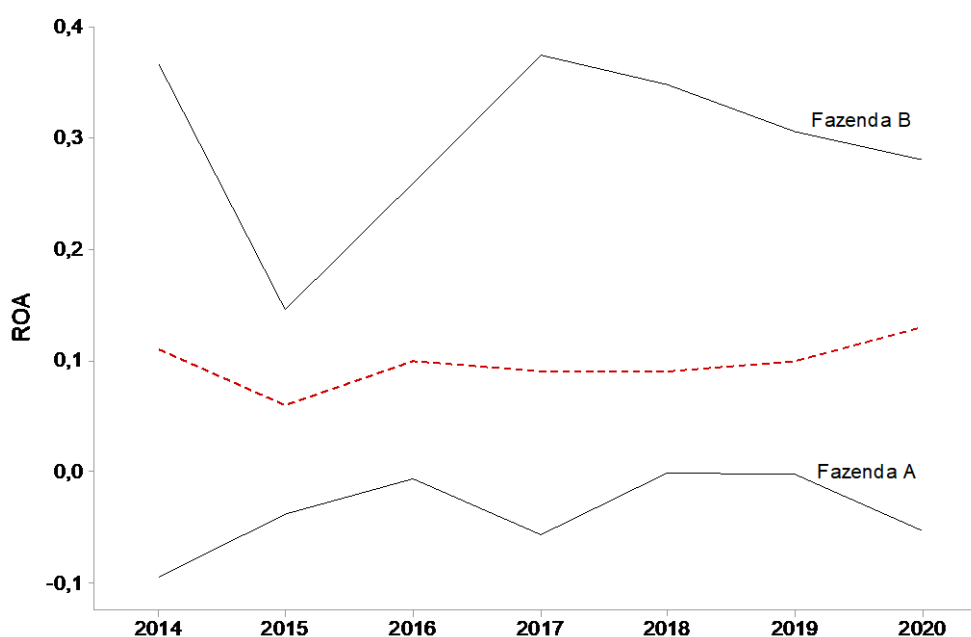


Figura 5.28 – ROA da Fazenda A e da Fazenda B nos anos de 2014 a 2020.

Apesar da Fazenda A e da Fazenda B usufruírem de um preço por litro (PRI) de leite superiores à média, o PRI recebido pela Fazenda A foi menor do que a Fazenda B em todos os anos, com exceção do ano de 2019 (Figura 5.29a). Além disso, o custo operacional efetivo por litro de leite (COEI), da Fazenda A foi maior do que a Fazenda B e do que a média em todos os anos (Figura 5.29b).

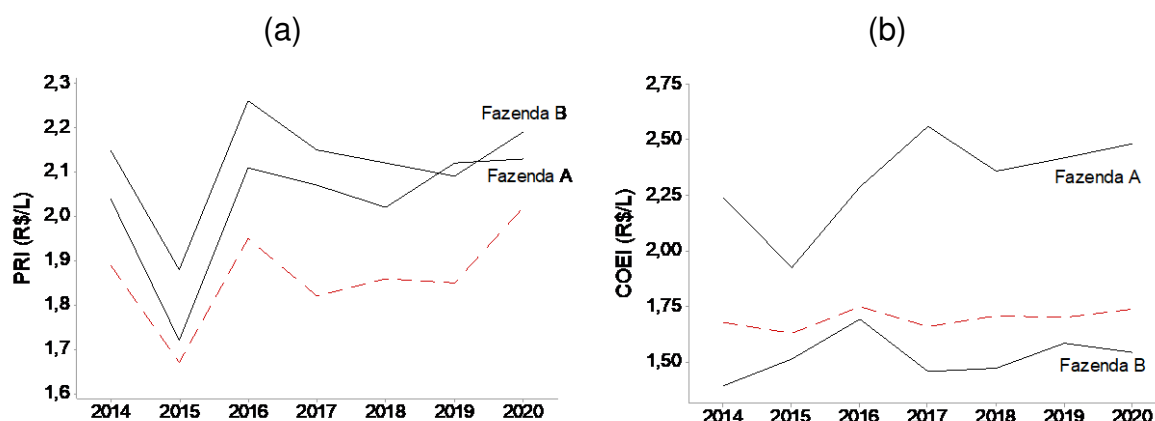


Figura 5.29 – Preço por litro (a) e custo operacional por litro (b) da Fazenda A e da Fazenda B nos anos de 2014 a 2020.

Enquanto a Fazenda B apresentou produção de leite por vaca (PRODvaca) e número de vacas em lactação (LACvaca) maior do que a média entre 2014 a 2020, a PRODvaca e o LACvaca da Fazenda A permaneceram com poucas alterações em torno da média (Figura 5.30).

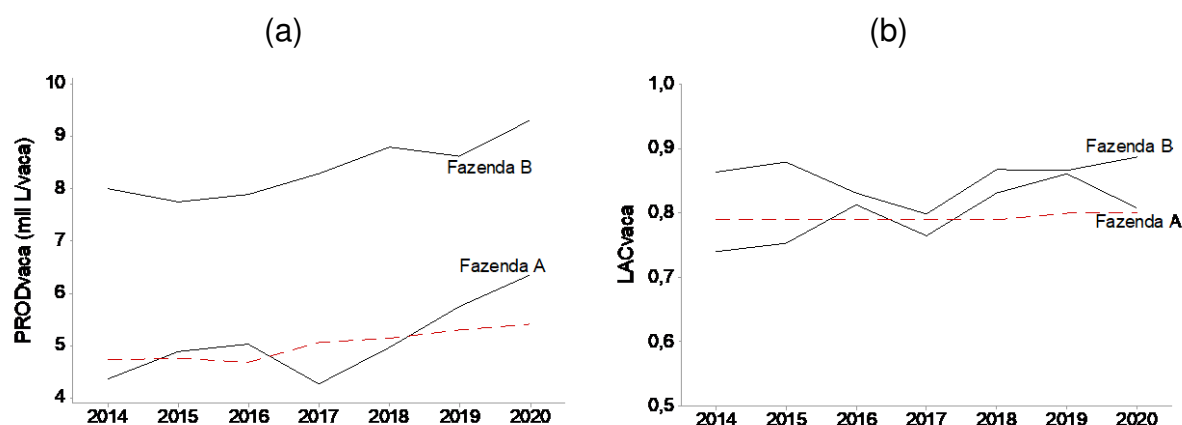


Figura 5.30 – Produção de leite por vaca (a) e número de vacas em lactação por total de vacas (b) da Fazenda A e da Fazenda B nos anos de 2014 a 2020.

A Fazenda A apresentou área por vaca (AREAvaca) em torno da média ao longo dos anos e não possuiu área arrendada. A Fazenda B, permaneceu com a AREAvaca abaixo da média geral, e possui área arrendada (Figura 5.31).

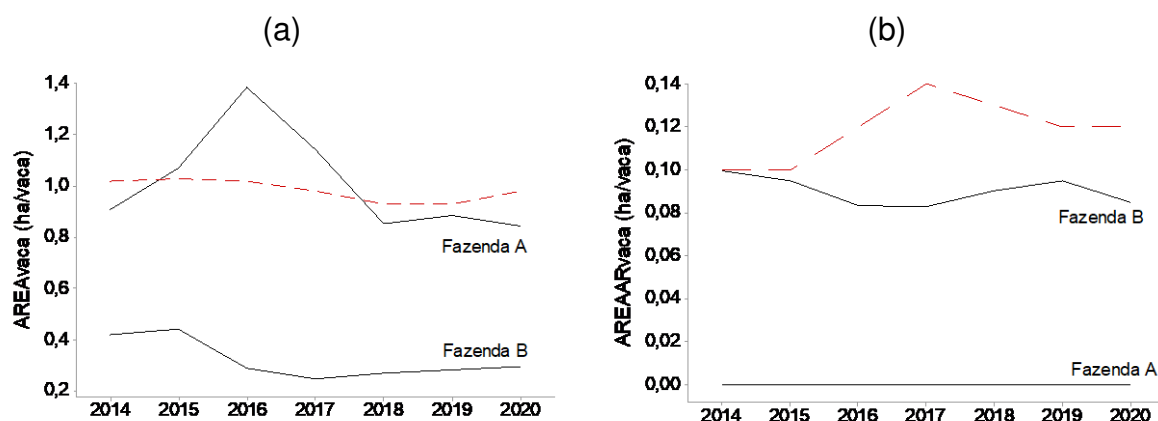


Figura 5.31 – Área por vaca (a) e área arrendada por vaca (b) da Fazenda A e da Fazenda B nos anos de 2014 a 2020.

A Fazenda A apresentou gasto com concentrado por vaca (CONCvaca) em torno da média entre os anos de 2014 a 2018, sendo que a partir de 2019 houve um aumento do CONCvaca em relação à média geral. O CONCvaca da Fazenda B foi maior do que a Fazenda A entre os anos de 2014 a 2020 (Figura 5.32a).

O gasto com volumoso por vaca (VOLvaca) da Fazenda A e da Fazenda B apresentaram oscilações em torno da média no período de 2014 a 2020. No ano de 2019 a Fazenda A, apresentou um aumento considerável do CONCvaca e do VOLvaca em relação ao ano anterior (Figura 5.32b).

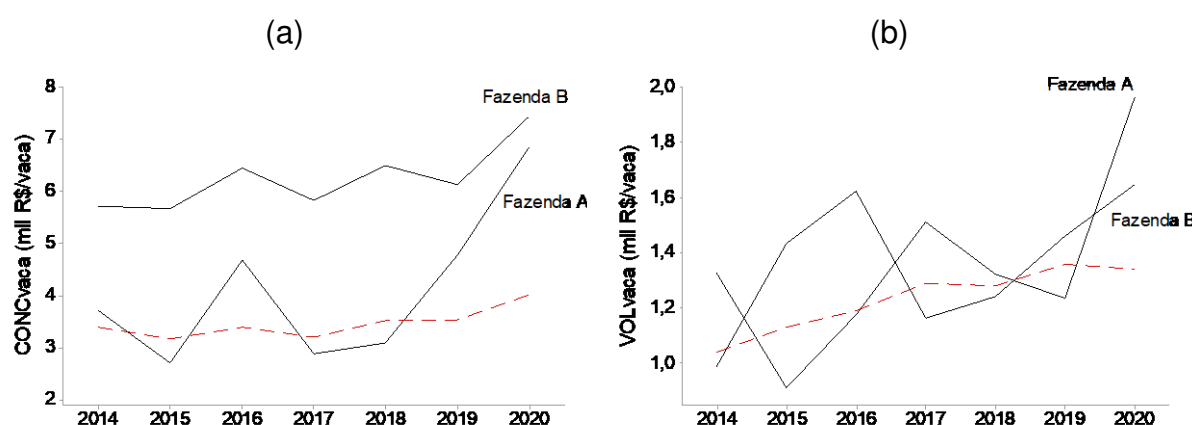


Figura 5.32 – Gasto com concentrado por vaca (a) e gasto com volumoso por vaca (b) da Fazenda A e da Fazenda B nos anos de 2014 a 2020.

A Fazenda A apresentou gasto com mão de obra contratada por vaca (MDOvaca) e gasto com mão de obra familiar por vaca (MDOFvaca) maiores do que a Fazenda B. Enquanto se observa uma tendência de crescimento do MDOvaca

(Figura 5.33a), houve também uma tendência de redução do MDOFvaca ao longo dos anos, tanto da Fazenda A quanto da Fazenda B (Figura 5.33b).

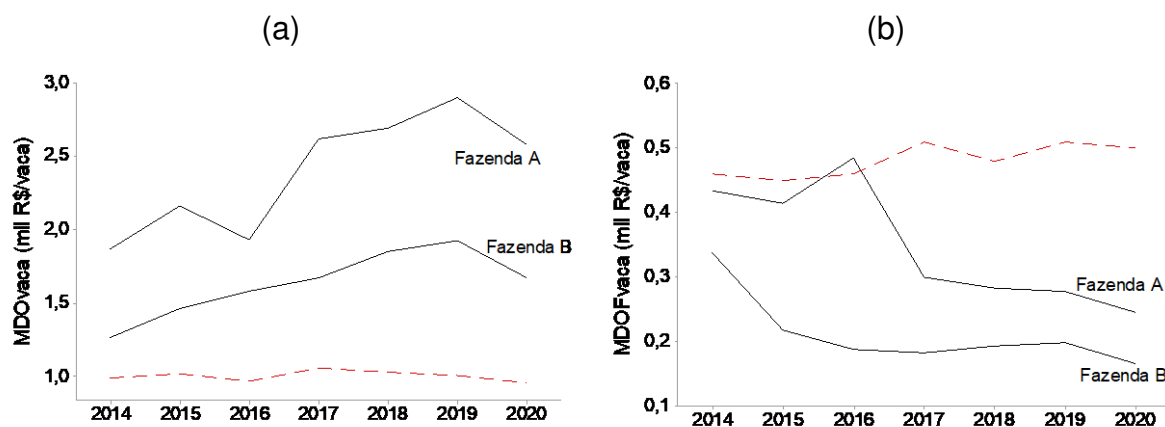


Figura 5.33 – Gasto com mão de obra contratada por vaca (a) e gasto com mão de obra familiar por vaca (b) da Fazenda A e da Fazenda B nos anos de 2014 a 2020.

Devido a definição a priori de seleção das fazendas em função do ROA, foi utilizado o modelo geral de regressão dos dados de efeitos fixo (sem estratificação) para análise e comparação da Fazenda A e da Fazenda B. O modelo de regressão com dados em painel de efeitos fixos da Fazenda A foi dado por:

$$\begin{aligned} \widehat{ROA}_{At} = & -0,3245 + 0,2016PRI_{At} - 0,0593COEl_{At} + 0,0457PRODvaca_{At} - \\ & -0,0157AREAvaca_{At} - 0,0249CONCvaca_{At} - 0,0342VOLvaca_{At} - \\ & -0,0244MDOvaca_{At} \end{aligned} \quad (13)$$

para $t = 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019$ e 2020 .

No modelo de regressão com dados em painel de efeitos fixos, o intercepto varia de um indivíduo para outro, mas é constante dentro de cada período de tempo. Desta forma, o modelo de regressão com dados em painel de efeitos fixos da Fazenda B foi dado por:

$$\widehat{ROA}_{Bt} = -0,1917 + 0,2016PRl_{Bt} - 0,0593COEl_{Bt} + 0,0457PRODvaca_{Bt} - \\ -0,0157AREAvaca_{Bt} - 0,0249CONCvaca_{Bt} - 0,0342VOLvaca_{Bt} - \\ -0,0244MDOvaca_{Bt} \quad (14)$$

para $t = 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019$ e 2020 .

Visto que a PRODvaca e o COEI são, respectivamente, a primeira e a segunda variáveis mais importantes no modelo geral de regressão com dados em painel de efeitos fixos, foram impostas alterações nestas variáveis para se verificar o efeito no ROA. Com o objetivo de aumentar o ROA da Fazenda A, foram propostas as situações apresentadas na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Situações para estimativa do ROA da Fazenda A

Situação 1	Aumento de 10% na PRODvaca
Situação 2	Redução de 10% no COEI
Situação 1+2	Aumento de 10% na PRODvaca e redução de 10% no COEI

A Figura 5.34 mostra o ROA estimado, o ROA observado, e os resultados das situações impostas na Fazenda A, ao longo dos anos. Conforme esperado, o aumento da PRODvaca (Situação 1) impacta mais no aumento no ROA do que a redução do COEI (Situação 2), pois a PRODvaca é a variável com maior importância relativa no modelo geral de regressão com dados em painel de efeitos fixos. Mesmo com o aumento da PRODvaca e a redução do COEI simultaneamente (Situação 1+2), o ROA da Fazenda A permanece negativo ou próximo de zero.

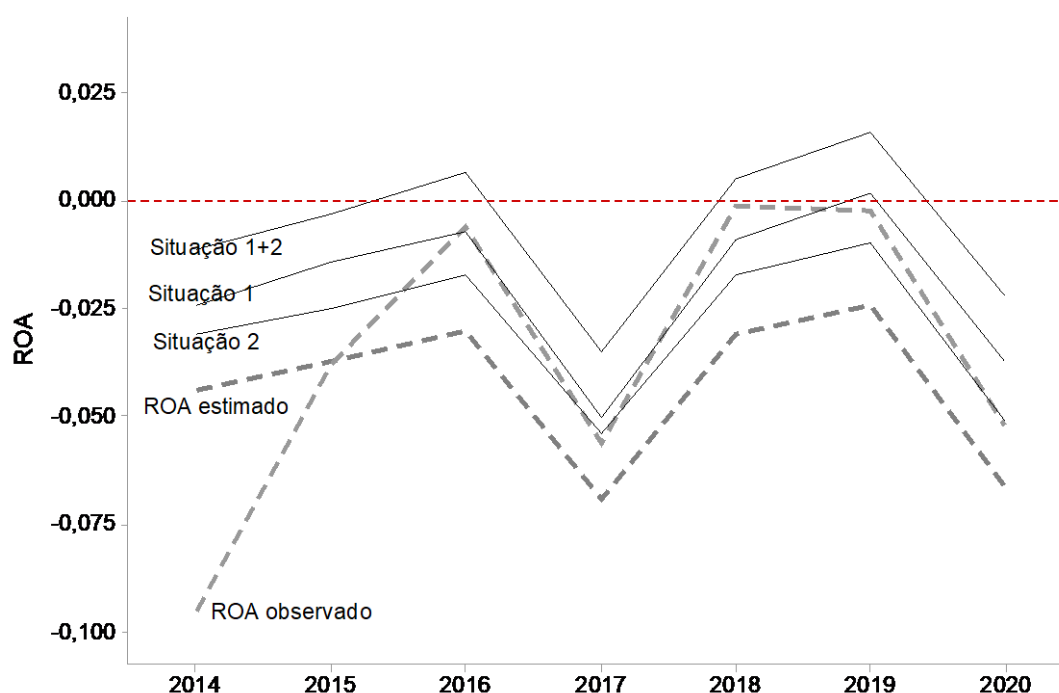


Figura 5.34 – Estimativas do ROA para a Fazenda A.

Com o objetivo de reduzir o ROA da Fazenda B, foram propostas as situações apresentadas na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Situações para estimativa do ROA da Fazenda B

Situação 3	Redução de 10% na PRODvaca
Situação 4	Aumento de 10% no COEI
Situação 3+4	Redução de 10% na PRODvaca e aumento de 10% no COEI

A Figura 5.35 mostra o ROA estimado, o ROA observado e os resultados das situações impostas à Fazenda B. As situações de forma negativa, piorando os indicadores da Fazenda B, tiveram como objetivo, avaliar o quanto o ROA da Fazenda B suportaria a perda de eficiência dos indicadores, sendo possível avaliar o risco do negócio. Mesmo com a redução da PRODvaca e aumento do COEI, simultaneamente (Situação 3+4), o ROA da Fazenda B permaneceu acima da média geral.

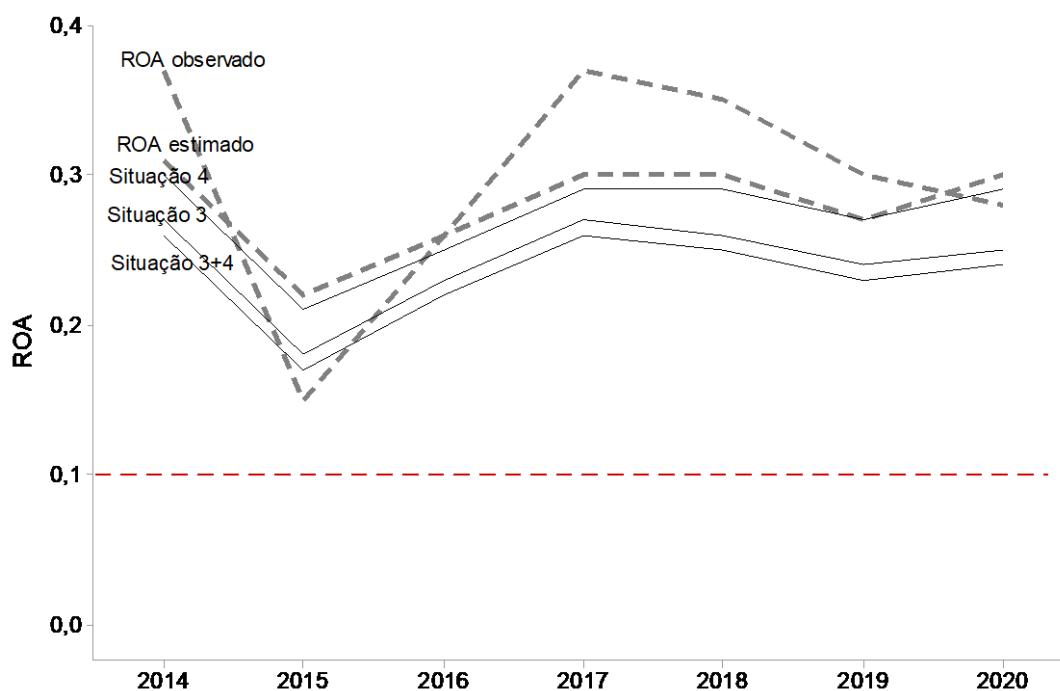


Figura 5.35 – Estimativas do ROA para a Fazenda B.

Comparando as situações da Fazenda A e da Fazenda B, observa-se que a Fazenda A demanda por mudanças estruturais, uma vez que a melhoria da eficiência de algumas variáveis não é suficiente para que ela seja lucrativa. Já na Fazenda B, as questões de estrutura e manejo são lucrativas e com um baixo risco do negócio.

6. CONCLUSÕES

Para medir a lucratividade, o índice selecionado foi o ROA (retorno sobre ativo), que é a relação entre a margem de lucro e os ativos. Com o ROA foi possível comparar as pequenas, médias e grandes propriedades produtoras de leite, pois as grandes propriedades com um ativo maior, também possuem margens de lucros maiores, assim como pequenas propriedades com um ativo menor, possuem uma margem de lucro menor. Desta forma, o ROA foi um índice adequado, pelo qual foi possível analisar qual é o retorno da fazenda produtora de leite para cada unidade monetária de ativo investido.

O modelo de regressão com dados em painel que melhor se ajustou aos dados com e sem estratificação foi o modelo de efeitos fixos. Foi possível observar que nem com as estratificações houve um aumento considerável do coeficiente de determinação e também não houve homogeneidade das variâncias nos resíduos. Isto ratifica a heterogeneidade dos produtores de leite e então, que o modelo sem estratificação pode ser adequado às fazendas produtoras de leite, independentemente do tamanho e da mesorregião.

No modelo de efeitos fixos, os interceptos dos modelos de regressão são diferentes entre os indivíduos, apesar dos coeficientes angulares das variáveis explicativas não variarem entre eles e nem com o tempo. Desta forma, se uma ação sobre o mesmo processo de produção de leite for a mesma entre os produtores, o efeito será diferente para cada produtor, separadamente. Ou seja, no modelo de efeitos fixos, a predição do ROA é feita separadamente para cada produtor, o que comprova mais uma vez as diferenças marcantes entre os produtores de leite.

É muito provável que as diferenças entre os produtores não sejam eliminadas, e até mesmo, sejam minimizadas. A aplicação do modelo de regressão com dados em painel mostrou que para um produtor melhorar a sua lucratividade, às vezes é necessária uma mudança estrutural, sendo que apenas a melhoria de algumas variáveis não seja suficiente para que uma fazenda se torne lucrativa. Esta mudança estrutural pode ocorrer com a mudança nos ativos, que podem ser, por exemplo, mudança do sistema de produção de leite, compra ou venda de terra, compra ou venda de animais e mecanização do sistema de produção.

Todas as fazendas podem ser melhoradas em função das mesmas variáveis explicativas, porém, os efeitos serão diferentes. As fazendas diferem entre si por questões de mercado, edafoclimáticas, estruturais e por estarem mais ou menos aptas a progredirem no processo de produção do leite. O impacto da melhoria no processo de produção de leite é muito particularizado e relativamente pequeno, o que contribui pouco para a melhoria em termos de produção estadual. No decorrer dos anos foi possível observar pouco progresso em termos de lucratividade e, paralelamente, mantendo-se as diferenças entre os produtores.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATZORI, A. S.; TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A. A multivariate and stochastic approach to identify key variables to rank dairy farms on profitability. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 3378–3387, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6256>.

BALTAGI, B. H. **Econometric analysis of panel data**. 5^o ed. United Kingdom: John Wiley & Sons, 2013. ISBN: 978-1-118-67232-7.

BARROS, L. A. B. C.; BERGMANN, D. R.; CASTRO, F. H.; SILVEIRA, A. D. M. Endogeneidade em regressões com dados em painel: um guia metodológico para pesquisa em finanças corporativas. **Revista Brasileira de Gestão de Negócios**, v. 22, p. 437-461, 2020. DOI: 10.7819/rbgn.v22i0.4059

BASSOTTO, L. C.; LOPES, M. A.; CARVALHO, M. F.; LOPES FILHO, M. A.; LIMA NETTO, E. P. A eficiência na utilização da mão de obra em propriedades leiteiras no estado de Minas Gerais Brasil. *Espacio Abierto – Cuaderno Venezolano de Sociología*. v. 31, p. 177-192, 2022. ISSN 1315-0006.

BREUSCH, T. S. Testing for autocorrelation in dynamic linear models. **Australian Economic Papers**. v. 17, p. 334–55, 1978.

BREUSCH, T. S.; PAGAN, A. R. A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. **Journal of the Econometric Society**, v. 47, p. 1287–94, 1979.

BREUSCH T. S.; PAGAN A. R. The Lagrange Multiplier Test and Its Applications to Model Specification in Econometrics. **Review of Economic Studies**, v. 47, p. 239–253, 1980

CABRAL, M. S.; GONÇALVES, M. H. **Análise de dados longitudinais**. XIX Congresso Anual da Sociedade Portuguesa de Estatística. Nazaré, 2011. ISBN: 978-972-8890-24-7.

CARVALHO, G. R.; HOTT, M. C.; OLIVEIRA, A. F. **Análise espacial da produção de leite no Estado de Minas Gerais em base microrregional**. XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – Conhecimento para a agricultura do futuro. Londrina – PR, 2007.

CEPEA – **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada** – ESALQ/USP. Leite ao produtor. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/leite.aspx>. Acessado em 21 de janeiro de 2014.

CROISSANT, Y.; MILLO, G. Panel Data Econometrics in R: The plm Package. **Journal of Statistical Software**, v. 27, p. 1-43, 2008. DOI:10.18637/jss.v027.i02.

DUARTE, P. C.; LAMOUNIER, W. M.; TAKAMATSU, R. T. **Modelos econométricos para dados em painel: aspectos teóricos e exemplos de aplicação à pesquisa em contabilidade e finanças**. In: Congresso USP de controladoria e contabilidade. p. 1-15, 2007.

DURBIN, J.; WATSON, G. S. Testing for Serial Correlation in Least Squares Regression. **Biometrika**, v. 37, p. 409-428, 1950. DOI: <https://doi.org/10.2307/2332391>.

EMBRAPA – **Anuário leite 2023**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1154264/anuario-leite-2023-leite-baixo-carbono>. Acessado em: 19 de janeiro de 2023

FAO – **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Dairy Market Review: Emerging trends and outlook in 2023. Roma, 2023.

FÁVERO, L. P. L. Dados em painel em contabilidade e finanças: teoria e aplicação. **Brazilian Business Review**, v. 10, p. 131-156, 2013. E-ISSN: 1807-734X.

FERREIRA, A. H. **Eficiência de sistemas de produção de leite: uma aplicação da análise envoltória de dados na tomada de decisão**. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.

FERREIRA, A. M. **Manejo reprodutivo de bovinos leiteiros: práticas corretas e incorretas, casos reais, perguntas e respostas**. Juiz de Fora: Edição do autor, 2012.

GARGIULO, J. I.; LYONS, N. A.; GARCÍA, S. C. Optimising profitability and productivity of pasture-based dairy farms with automatic milking systems. **The international journal of animal biosciences**, v. 16, p. 1-10, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100605>

GITMAN, L. J.; MADURA, J. **Administração financeira: uma abordagem gerencial**. São Paulo: Addison Wesley, 2003.

GODFREY, L. G. Testing against general autoregressive and moving average error models when the regressors include lagged dependent variables. **Econometrica**, v. 46, p. 1293–1301, 1978.

GOLDFELD, S. M.; QUANDT, R. M. Some Tests for Homoskedasticity. **Journal of the American Statistical Association**. v. 60, p. 539–547, 1965.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. Prentice Hall: 5 ed. New Jersey, 2002.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. EMGH Editora, São Paulo, 2011. ISBN 0-07-337577-2/978-0-07-337577-9.

HANRAHAN, L.; MCHUGH, N.; HENNESSY, T.; MORAN, B.; KEARNEY, R.; WALLACE, M.; SHALLOO, L. Factors associated with profitability in pasture-based systems of milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 5474-5485, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13223>.

HAUSMAN, J. A. Specification Tests in Econometrics. **Econometrica**, v. 46, p. 1251–1271, 1978.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/leite/br>. Acesso em 12 de janeiro de 2024.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário – 2017**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?edicao=25757&t=resultados>. Acesso em 31 de janeiro de 2024.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa da Pecuária Municipal – 2022**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?=&t=resultados>. Acesso em 31 de janeiro de 2024.

JUNIOR, W. C. P. M.; HOTT, M. C.; ANDRADE, R. G. **Produção de leite por estados e regiões em 2020**. In: Embrapa: Anuário leite – 2022, p. 36-37, 2022.

LANA, M. S.; MARTINS, P. C.; VASCONCELOS, A. C. **Custo de produção do leite: análise dos últimos meses**. In: Embrapa: Anuário leite – 2021.

LEITE, J. L. B.; STOCK, L. A. **Algumas características do agronegócio do leite no mundo**. In: Embrapa: Anuário Leite – 2023, p. 102-103, 2023

LEITE, J. L. B.; STOCK, L. A.; RUBACK, B. **Leite no mundo: produção, rebanho e produtividade continuam em crescimento**. In: Embrapa: Anuário Leite – 2022, p. 74-77, 2022.

LOPES, M. A.; LIMA, A. L. R.; CARVALHO, F. M.; REIS, R. P.; SANTOS, I. C.; SARAIVA, F. H. **Efeito do tipo de sistema de criação nos resultados econômicos**

de sistemas de produção de leite na região de Lavras (MG). Revista Ciência Agrotecnica, v. 28, n. 5, p. 1177-1189, Lavras, 2004.

LOUREIRO, A. O. F.; COSTA, L. O. **Uma breve discussão sobre os modelos com dados em painel.** Nota técnica 37, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (Ipece), 2009.

MARQUES, L. D. **Modelos dinâmicos com dados em painel: revisão de literatura.** Centro de estudos macroeconômicos e previsão – Faculdade de Economia do Porto. Portugal, 2000.

MARTINS, P. C. **Leite: 12 tendências para esta década.** In: Embrapa: Anuário Leite, 2022, p. 32-35, 2022.

MESQUITA, R.; FERNANDES, A. A. T.; FILHO, D. B. F. Uma introdução à regressão com dados em painel. **Revista Política Hoje**, v. 29, p. 434 - 507, 2020.

MILKPOINT. **Levantamento Top 100 – 2023.** Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/top100/top100-2023.pdf>. Acesso em 31 de janeiro de 2024.

OLIVEIRA, L. A. A.; CARVALHO, G. R. **Preços de insumos na atividade leiteira: tendência é de alta.** In: Embrapa: Anuário Leite – 2022. p. 12-17, 2022.

OLIVEIRA, L. A. A.; OLIVEIRA, S. J. M.; SPIES, A. **Leite de Santa Catarina: escala, tecnologia e retorno econômico.** In: Embrapa: Anuário Leite – 2023. p. 34-36, 2023.

OLIVIERA, A. S. O.; CUNHA, D. N. F. V.; CAMPOS, J. M. S.; VALE, S. M. L. R.; ASSIS, A. J. Identificação e quantificação de indicadores-referência de sistemas de produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 507-516, 2007. ISSN: 1806-9290.

OLSON, K. D. **Economics of farm management in a global setting.** John Wiley e Sons, Inc., 2011. ISBN 978-0-470-59243-4.

OLSZENSVSKI, F. T. **Avaliação do ciclo de vida da produção de leite em sistema semi extensivo e intensivo: estudo aplicado**. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de pós-graduação em engenharia ambiental, 2011.

PEROBELLI, F. S.; ARAÚJO JÚNIOR, I. F.; CASTRO, L. S. As dimensões espaciais da cadeia produtiva do leite em Minas Gerais. **Nova Economia**, v. 28, p. 297-337, 2018.

PESARAN, M. H. **Time series and panel data econometrics**. Oxford, 2015. ISBN: 978-0-19-875998-0.

RENTERO, N. **Projeção de tendências para o leite aqui e lá fora**. In: Embrapa: Anuário Leite – 2023. p. 22-25, 2023.

SABBAG, O. J.; COSTA, S. M. A. L. Análise de custos da produção de leite: aplicação do método de Monte Carlo. **Revista Extensão Rural**, UFSM, Santa Maria, v. 22, p. 125–145, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5902/2318179614153>.

SANTOS, G. J.; MARION, J. C.; SEGATTI, S. **Administração dos custos na agropecuária**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SCHORR, A.; LIPS, M. Influence of milk yield on profitability: A quantile regression analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 8350-8368, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14434>

SCHU, L. M., STEFANELLO, C. G., SPANEVELLO, R. M. **As dificuldades dos produtores de elite para continuar na atividade**. V Colóquio Nacional e Internacional de Pesquisas em Agronegócios. Universidade Federal de Santa Maria, 2022.

SILEMG - **Sindicato da Indústria de Laticínios do Estado de Minas Gerais**. Mapa de produção leiteira por mesorregião e municípios de Minas Gerais. Disponível em:

<https://www.silemg.com.br/mapa-producao-leite-mg>. Acesso em: 19 de janeiro de 2023.

SILVA, J. P. **Análise financeira das empresas**. 10 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

SILVA, R. O. P. E. Panorama do Mercado de Leite em 2023. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 18, p. 1-7, 2023. Disponível em: <http://www.iea.agricultura.sp.gov.br/ftpiea/AIA/AIA-29-2023.pdf>. Acesso em 17 de janeiro de 2024.

STOCK, L. A.; CARNEIRO, A. V.; TEIXEIRA, S. R. **Gerenciamento da atividade leiteira**. In: Manual de Bovinocultura de Leite. Brasília: LK Editora; Belo Horizonte: SENAR – AR/MG; Juiz de Fora: Embrapa Gado Leite, 2010.

TORRES, R. A.; DERESZ, F.; WERNERSBACH FILHO, H. L.; ALENCAR, C. A. B. **Utilização de forrageiras e pastagens**. In: Manual de Bovinocultura de Leite. LK Editora; Belo Horizonte: SENAR – AR/MG; Juiz de Fora: Embrapa Gado Leite, 2010.

USDA - **Dairy: World Markets and Trade – 2022**. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/dairy.pdf>. Acessado em: 29 de março de 2023.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric Analysis of Cross–Section and Panel Data**. MIT Press, 2002.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric analysis of cross section and panel data**. 2 ed. Massachusetts, 2010. ISBN: 978-0-262-23258-6.

ZAROWNY, C. A. **Impacto da gestão de capital de giro na lucratividade das firmas brasileiras em diferentes ciclos econômicos**. Dissertação de mestrado. INSPER - Instituto de Ensino e pesquisa. São Paulo, 2016.

ZEILEIS A, KÖLL S, GRAHAM N. Various Versatile Variances: An Object-Oriented Implementation of Clustered Covariances in R. **Journal of Statistical Software**, v. 95, p. 1-36, 2020. DOI: [10.18637/jss.v095.i01](https://doi.org/10.18637/jss.v095.i01).